

Kosmologie

2. Teil.



Program m

der K. bayerischen Studienanstalt

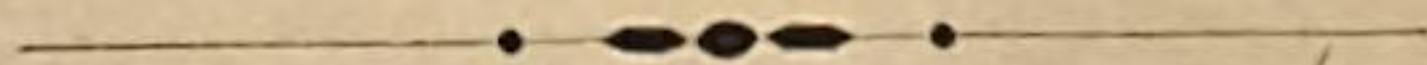
Neuburg a. D.

für das Studienjahr 1889|90

verfasst von

Georg Maurer

K. Gymnasial-Professor.



Neuburg a. D.

Griessmayersche Buchdruckerei.

7. Abschnitt.

§ 1.

Die Wärme.

Dasjenige von den Imponderabilien, welches die grössten und weitverbreitetsten Veränderungen an der Erdoberfläche hervor bringt, ist die Wärme; denn nach dem Grundgesetze, das die Experimentalphysik über die Wärme aufstellt, nämlich dass sie alle Körper ausdehnt, müssen diese in einem fortwährenden Schwanken ihres Volumens begriffen sein. Die Wärme hat den Wechsel auf der Erde permanent gemacht. Dieses Imponderabile ist es, welches Bewegung und Gestaltung in die irdischen Dinge bringt, und welches deshalb sicher als der wesentlichste Faktor für alles Erdenleben angesehen werden muss. Doch nur in enge Grenzen hat die Natur in Bezug auf Wärme das organische Leben eingeschlossen. Nach unten ist der Gefrierpunkt des Wassers die Grenze des Pflanzenlebens; und wenn auch der tierische Organismus, da er beweglich und nicht an das Erdreich gebunden ist, tiefere Grade auszuhalten vermag, so ist dies für immer auch ihm nicht möglich. Nach oben aber bezeichnen 56° R die höchste Grenze der erträglichen Wärme, da bei weiterer Steigerung das Eiweis des Blutes gerinnt und die Pflanzensäfte vertrocknen. Es ist deshalb gewiss die Frage von Interesse, ob die Wärme der Erde im Ganzen eine Veränderung erleidet. Auf diese Frage lässt sich mit mathematischer Bestimmtheit antworten, dass sich in historischen Zeiten (etwa seit 3300 Jahren) die Temperatur der Erde nicht um $0,01^{\circ}$ C geändert hat. Allerdings mag eine verschiedene Verteilung der Wärme in den verschiedenen Zeitperioden stattfinden, was entweder lokalen Umständen z. B. Sümpfen oder Abreutungen von Wäldern u. s. w. oder kosmischen Ursachen zuzuschreiben ist; aber im Ganzen war eine Veränderung der Wärme an der Erdoberfläche nicht wahrzunehmen.

Woraus lässt sich also schliessen, dass eine Aenderung in der Temperatur nicht eingetreten ist?

1. Die Gestalt der Erde bürgt dafür. Laplace hat nämlich die Erde als Thermometerkugel betrachtet. Die äussere Beschaffenheit und die Grössenverhältnisse dieser Kugel sind ja aufs genaueste

ermittelt. Wenn die Erde abgekühlt wäre, so wäre nach dem physikalischen Gesetze ihr Volumen ein kleineres geworden. Gesetzt nun die Erde, welche ungefähr den Ausdehnungskoeffizienten von Eisen hat, hätte sich um 1° C abgekühlt, so wäre der Radius der Erde vielleicht um 0,00001 kürzer geworden. Ein Gesetz der Mechanik bestimmt aber: „Wenn ein um einen Mittelpunkt rotirender Körper eine Zusammenziehung oder Annäherung an den Mittelpunkt der Anziehung erfährt, die bewegenden Kräfte aber dieselben bleiben, so nimmt die Winkelgeschwindigkeit des rotirenden Körpers im Quadrat zu“. Hätte sich der Erdradius um 0,00001 verkürzt, so müsste der Sterntag um 0,00002 seiner Dauer, oder um $1,7''$, kürzer geworden sein. Die Angaben Hipparch's (130 v. Chr.), der die Umlaufszeit des Mondes und die Verfinsterungen desselben in der damaligen Länge des Sterntages angab, weichen von der heutigen Länge dieses Tages nicht um 0,01 Sekunde ab. Wenn aber die Länge des Sterntages sich nicht geändert hat, so hat sich auch die Länge des irdischen Tages oder einer Rotationsdauer der Erde nicht geändert. Wenn aber die Tageslänge nicht um $0,01''$ abgenommen hat, so folgt, dass die Temperatur nicht um $0,01 : 1,7 = \frac{1}{170}^{\circ}$ C abgenommen haben kann. Allein Laplace hat die Dichtigkeit der Erde, die in Folge der Contraction eintreten muss, ausser Rechnung gelassen; wird diese auch beachtet, so ergibt sich ungefähr $\frac{1}{120}^{\circ}$ C.

2. Zu diesem astronomischen Beweise kommt eine Beobachtung des Pflanzenreiches. Arago und andere haben gefunden, dass die Dattelpalme, um zu gedeihen, eine mittlere Jahrestemperatur von mindestens 21° C erfordert, und der Weinstock keine Früchte mehr bringt, wenn die mittlere Temperatur über 22° steigt. In der Genesis aber ist erzählt, dass zu Moses Zeiten 1500 v. Chr. in Palästina Wein und Palmen in höchster Fruchtbarkeit prangten. Die mittlere Temperatur Palästinas ist aber heute noch $21,5^{\circ}$ C. Also kann sich das Klima von Palästina seit 3300 Jahren nicht geändert haben.

Es ist also in der historischen Zeit des Menschengeschlechtes eine gewisse Stabilität der Temperatur auf der Erdoberfläche eingetreten. Andererseits ist es ebenso unbestreitbare Thatsache und physikalisches Gesetz der Wärmelehre, dass jeder Körper fortwährend Wärme ausstrahlt d. h. erkaltet. Es müssen demnach Wärmequellen da sein, die das der Erde wieder ersetzen, was sie an Wärme verliert. Solche Wärmequellen gibt es für die Erde vornehmlich drei: 1) den planetarischen Raum, 2) die innere Erdwärme, 3) die Sonnenwärme.

§ 2.

Die Temperatur des planetarischen Raumes.

Von den Fixsternen also auch von unserer Sonne strahlen fortwährend Licht und Wärme in den Weltraum hinaus. Die neueren Untersuchungen der Physik haben dargethan, dass diese beiden Imponderabilien nicht qualitativ, sondern nur quantitativ von einander verschieden sind, indem beide in Schwingungen des das Universum allwärts füllenden Aethers bestehen. Diese Schwingungszahlen liegen zwischen 50 und 1000 Billionen. Jene Undulationen des Aethers, welche durch die Zahlen von 400—800 Bill. dargestellt sind, wirken durch einen besonderen Reiz auf die Netzhaut des Auges und erscheinen uns als Licht und Farben, während jene, welche unter oder über obigen Gränzen liegen, als Wärme oder chemische Wirkung empfunden werden. Es ist also nicht ungereimt von dunklen Lichtstrahlen und hellen Wärmestrahlen oder von Wärmefarben und Farbenwärme zu sprechen. Allein Licht und Wärme gehen durch den Weltraum, ohne ihn zu erleuchten und zu erwärmen; es kann deshalb die Temperatur desselben gewiss nur eine sehr niedrige sein. Nach dem Mariotte'schen Gesetz für die Ausdehnung der Gase durch die Wärme hat Gay Lussac gefunden, dass alle Gase für gleiche Temperaturzunahmen sich fast gleich stark ausdehnen, nämlich um $\frac{1}{273}$ ihres Volumens bei 0° C. Da also der Ausdehnungscoefficient α für alle Gase nahezu der gleiche ist, nämlich $\alpha = \frac{1}{273}$, so hat man geschlossen, dass es einen absoluten Nullpunkt der Temperatur gebe, unter welchem eine weitere Abkühlung der Körper nicht mehr möglich ist, und dass dieser absolute Nullpunkt oder tiefste Kältegrad $= -\frac{1}{\alpha}^{\circ} \text{C.} = -273^{\circ} \text{C.}$ sei. Doch hat Häussler in seiner Wärmetheorie diese Grenze der tiefsten Temperatur auf -162°C festgestellt, welche Angabe mit der obigen allerdings ziemlich differirt. Und mit diesem absoluten Nullpunkt von -273°C muss die Temperatur des Weltraumes wegen der vollständigen Leere desselben zusammen fallen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass der planetarische Raum eine etwas höhere Temperatur als der Weltraum besitzt, da die Sonnenwärme im quadratischen Verhältniss der Entfernungen abnimmt und demnach die Planeten hiernach verschiedene Wärmemengen empfangen. Andererseits strahlen die Planeten wieder fortwährend Wärme in den planetarischen Raum hinaus, so dass dieser durch die von den Fixsternen, der Sonne und den Planeten empfangene

Wärme gewiss etwas erwärmt wird. Fourier und Poisson haben über die Sternenwärme, wenn sie den unendlichen Raum und die Atmosphäre durchwandert, wissenschaftliche Untersuchungen angestellt. Poisson hat — 13° und Fourier — 60° als Temperatur des Raumes gefunden. Pouillet hat mittelst des von ihm construirten Aktinometers die Temperatur des planetarischen Raumes bestimmt und — 142° C als wahrscheinliche Temperatur gefunden, mit welcher Angabe Häussler's tiefste Temperatur nahezu übereinstimmt. Die tiefsten bis jetzt auf der Erde beobachteten Kältegrade sind — $56,7^{\circ}$ C auf der Insel Melville in Nordamerika und — 60° zu Jakuzk in Sibirien. Diese Kältegrade auf Erde machen die Angaben von Poisson und Fourier hinfällig, da es nicht wahrscheinlich ist, dass die Temperatur des planetarischen Raumes höher oder ebenso niedrig wie die an der Erdoberfläche ist, weil die atmosphärische Luft immer noch eine gewisse Wärme enthält, die dem leeren Raume gänzlich fehlt.

Lambert nahm an, dass an der Grenze der Atmosphäre die Temperatur des Weltraumes beginne. Die Grenze der Atmosphäre kann gemäss einer Bestimmung der Mechanik die Höhe von 2000 Meilen nicht übersteigen, weil jenseits dieser Grenze die Gase durch die Centrifugalkraft in den Weltraum zerstieben müssten. Andererseits weist die Erscheinung der Meteore auf eine Höhe der Atmosphäre von ungefähr 20 Meilen hin. Es ist aber Erfahrung, dass man in den unteren Luftschichten etwa 175 m senkrecht aufsteigen muss, um das Thermometer um 1° sinken zu sehen. Doch vermindert sich diese Thermometerschwankung in den oberen Luftregionen, so dass man dort viel höher steigen muss, um 1° Temperaturabnahme zu sehen. Da das Gesetz der Abnahme noch unbekannt ist, so ist diese Art der Temperaturbestimmung des Weltraumes ziemlich unsicher.

Trotz der tiefen Temperatur ist die Wärme, die der Weltraum der Erde zusendet, ungefähr $\frac{5}{6}$ der Sonnenwärme, weil die Oberfläche der Sonne mehr als 200 000mal kleiner ist als das Himmelsgewölbe. Die Fixsterne senden ja fortwährend der Erde ihr Licht und ihre Wärme zu, wenn auch im Einzelnen eine Wirkung nicht nachweisbar ist.

§ 3.

Die innere Erdwärme.

Die täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur teilen sich wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Bodens nur bis in geringe Tiefen mit. Bei uns ist in 1 m Tiefe die Hitze des

Tages und die Kühle der Nacht nicht mehr bemerkbar. In dem Keller der Sternwarte von Paris zeigt das dort aufgestellte Thermometer schon seit mehr als 100 Jahren stets die gleiche Temperatur von $11,82^{\circ}$. Unter dem Aequator ist in 1 m Tiefe das ganze Jahr über eine constante Temperatur. In hohen Breiten verschwindet in ungefähr 20 m Tiefe der Unterschied der Sonnenwärme und der Winterkälte. Andererseits aber ist es Erfahrung, dass, je tiefer man in das Innere der Erde eindringt, eine desto höhere Temperatur wahrgenommen wird. Im Folgenden werden die Thatfachen und Beweise angeführt, welche dafür sprechen, dass im Innern der Erde die Wärmegrade stetig zunehmen, und dass in einer gewissen Tiefe die Hitze eine so ausserordentliche sein muss, dass alle Stoffe der Erde nur mehr im geschmolzenen Zustande vorhanden sein können.

§ 4.

Bergwerke.

In Bergwerken ist häufig eine Temperatur beobachtet worden, welche die mittlere Jahrestemperatur des betreffenden Ortes weit übersteigt. Man glaubte Anfangs, diese erhöhte Temperatur rühre von der Blutwärme der Arbeiter, den Grubenlichtern, den Arbeiten mit Pulver her u. s. w. Allein während in der Nähe der Oberfläche der Erde die Temperatur des Bodens so ziemlich der mittlern Temperatur des Ortes gleich kommt, nimmt sie in den Tiefen stetig zu. So führt Zaminer an, dass Saussure zu Bex im Kanton Waadt in einem Schachte, welcher seit drei Monaten von Niemandem befahren worden war, folgende Temperaturen gefunden:

in 104 m Tiefe eine Temperatur von $14,4^{\circ}$
 in 183 m Tiefe eine Temperatur von $15,6^{\circ}$
 in 220 m Tiefe eine Temperatur von $17,4^{\circ}$

und bestimmte daraus unter Berücksichtigung der mittleren Temperatur der Erdoberfläche die Tiefe, um welche man abwärts zu steigen hat, um eine Temperaturzunahme von 1° C zu erhalten, zu 43 m (Tiefenstufe). Fox fand in den Minen von Cornvallis eine Temperatur, welche die Blutwärme $37,5^{\circ}$ C übersteigt. Humboldt fand in Mexiko in einem 490 m tiefen Schachte eine Temperatur von 36° . Zu Jakuzk in Sibirien, wo — 14° mittlere Jahrestemperatur sind, und wo der hartgefrorene Boden nur während des kurzen Sommers vielleicht 1 m tief aufthaut, fand man in dem Brunnenschachte, den Kaufmann Schergin graben liess, in 2,5 m Tiefe — 16° und in 116 m noch — 3° Temperatur, also eine ganz deutliche Zunahme der Wärme. Reich in Freiberg gibt für die

sächsischen Bergwerke im Mittel 42 m als Tiefenstufe an. Diese Tiefe schwankt zwischen 15 m und 115 m, so dass vielleicht im Allgemeinen 55 m als Tiefenstufe angesehen werden können. Nach den angeführten Thatsachen ist es wohl ausser Zweifel, dass im Innern der Erde eine viel höhere Temperatur herrscht als an der Oberfläche da man selbst in der geringen Tiefe von kaum $\frac{1}{6}$ Meile, bis zu welcher man in den Bergwerken vorgedrungen ist, eine stetige Temperaturzunahme wahrgenommen hat.

§ 5.

Artesische Brunnen.

Eine gleiche Regelmässigkeit in der Zunahme der Temperatur zeigen auch die Bohrlöcher der artesischen Brunnen (nach der Grafschaft Artois in Frankreich benannt). Arago hat zuerst diese Brunnen an Ort und Stelle untersucht und die Natur derselben erklärt. Die meteorischen Wasser dringen durch die Spalten der Gebirgskämme ein und dem Zuge der Schwere folgend sickern sie weiter durch bis an die tiefste Stelle. Wo also die Gebirge vielfach geschichtet sind, da träufelt das Wasser durch die Schichtenspalten hindurch, bis es irgendwo in einem unterirdischen Behälter sich sammelt. Auf dieses unterirdische Wasserbehälter drückt die ganze Wassersäule bis auf die Höhe des Gebirges. Wird ein solches Wasserbehälter angebohrt, so wird nach dem Gesetze der communicirenden Röhren das Wasser in dem Bohrloche in die Höhe gedrückt. Und da hat es sich gezeigt, dass, je tiefer das Bohrloch ist, das Wasser eine desto höhere Temperatur besitzt. So gibt ein artesischer Brunnen bei Berlin aus 286 m Tiefe Wasser mit 23°, der Brunnen Grenelle in Paris aus 547 m Tiefe Wasser mit 27° Wärme; in Jakuzk erhielt Schergin aus 180 m Tiefe Wasser mit 0,6°. Diese Temperaturen des Wassers übersteigen aber aus den angegebenen Tiefen hervorquellend die mittlere Jahrestemperatur der betreffenden Orte um ein Beträchtliches. Nur ein Beispiel hat eine Ausnahme ergeben; nämlich am Cap zeigt ein Bohrloch nicht weit vom Meere entfernt eine Abnahme der Temperatur. Diese Ausnahme erklärt sich aber durch die submarinen Strömungen, wodurch das kalte Wasser vom Südpole an die Küste Afrika's gelangt, dort einsickert und die Abnahme der Temperatur in der Tiefe bewirkt. Im Uebrigen hat die Schichtung der Gebirge, das umgebende Gestein und besonders vulkanischer Boden einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Temperatur des Wassers aus Bohrlöchern, und letzterem Umstande insbesondere ist es zuzuschreiben, wenn oft schon in geringer Tiefe eine auffallend schnelle Temperaturzunahme des erbohrten Wassers sich zeigt.

§ 6.

Thermen.

Einen weiteren Beweis für das Vorhandensein einer inneren Erdwärme bieten die warmen Quellen, welche zwar überall auf Erden vorkommen, aber zumeist an der Grenze von neptunischer und vulkanischer Bodenbildung sich zeigen. Warme Quellen sind aber jene, deren Temperatur unabhängig von den Jahreszeiten ist und die mittlere Jahrestemperatur des Ortes übertrifft. In Enontekis in Lappland sprudelt eine Quelle, deren Temperatur constant ist und $1,1^{\circ}$ beträgt, obwohl die mittlere Jahrestemperatur von Enontekis — $3,7^{\circ}$ ist. Wenn auch der Wärmegrad dieser Quelle noch so gering ist, für den Ort ist sie eine Therme. Einige der bekanntesten Thermen sind derart, dass sie die Blutwärme des Menschen $37,5^{\circ}$ C weit übertreffen. Nach den Angaben Zamminer's folgen einige der bekanntesten warmen Bäder.

Temp. der Quelle		Temp. der Quelle	
1) Pfäfers (Schweiz)	37,2 ⁰	4) Aix in Savoyen	54,3 ⁰
1) Wildbad	37,5 ⁰	6) Ems	56,2 ⁰
4) Barrèges	40 ⁰	6) Kaiserquelle in Ofen	61 ⁰
5) St. Gervais (Savoyen)	41,2 ⁰	4) Baden (Aargau)	64 ⁰
3) Pisa	44 ⁰	1) Plombières	65 ⁰
4) Aachen	44 ⁰ bis 57,5 ⁰	Baden-Baden	67,5 ⁰
6) Vichy	45 ⁰	Wiesbaden	70 ⁰
5) Lavey (Waadtland)	45 ⁰	5) Karlsbad	75 ⁰
5) Bath	46 ⁰	4) Burtscheid bei Aachen	77,5 ⁰
1) Gastein	47,5 ⁰	6) Aigues-chaudes,	
6) Töplitz	49,4 ⁰	(Dep.-Cantal)	87,5 ⁰
3) Bagnères de Bigorre	50 ⁰	2) Katharinenquellen	
3) Leuk (Wallis)	50,2 ⁰	(Kaukasus)	88,7 ⁰
4) Mehadia (Ungarn)	53 ⁰	2) Petersquellen	90,6 ⁰
3) Lucca	54 ⁰	Trincheras (Venezuela)	97 ⁰

„Diese Quellen, von welchen manche schon vor Jahrtausenden bekannt und wegen ihrer hohen Temperatur als Heilquellen besucht waren, sprechen laut dafür, dass die Erde in ihrem Innern einen unermesslichen Wärmevorrath birgt, gegen welchen die Wärmemenge, die im Laufe der Jahrhunderte durch diese Quellen entführt wird, verschwindend klein ist. Schon aus obigen Zahlen lässt sich schliessen, dass die Temperatur im Erdinnern die Siedehitze weit übersteigt, denn es ist nicht anzunehmen, dass die heissen Wasser aus grossen Tiefen hervorkommen, ohne durch das oberhalb kühlere Gestein und mehr noch durch die in der Nähe der Oberfläche herbeidringenden Wasser abgekühlt zu werden.“

„Will man 40 m als Tiefenstufe annehmen, so findet man, dass die Quelle von Trincheras, da 27° mittlere Jahrestemperatur des Ortes sind, aus der ungeheuren Tiefe von $40.70 = 2800$ m oder beinahe $\frac{2}{5}$ Meilen hervorkommt. Allein diese Tiefe wird durch den vulkanischen Boden bedeutend vermindert.“

„Nicht nur, wenn man in den Ebenen senkrecht in die Erde hinabsteigt, sondern auch beim Eindringen in die Wände und Rücken der Gebirge begegnet man höheren Temperaturen, wie diess in den Bergwerken und Tunnel beobachtet worden ist. So betrug z. B. die Temperatur der centralen Gesteinsschichte im Gotthard 30,4°; die Schwefelquelle von Juan mit 32° und die von Aqua Tibia mit 36° befinden sich in den Cordilleren in einer Höhe von 4000 m.“

„Der Gehalt der warmen Quellen an mineralischen Bestandteilen hängt wie der der kalten von der Zusammensetzung der Gesteinsmassen ab, mit welchen die Wasser auf ihren Lauf in Berührung kommen, und von denen sie lösliche Teile in sich aufnehmen. Die höhere Temperatur modifizirt diesen Gehalt nur wenig. In obiger Tabelle enthalten die mit 1) bezeichneten Quellen fast nur reines Wasser, die mit 2) bezeichneten kleine Mengen Glaubersalz und Kochsalz, die unter 3) etwas Gyps, die unter 4) sind Schwefelwasser; die Quellen unter 5) enthalten Glaubersalz; mit 6) sind die alkalischen Wasser bezeichnet, welche besonders kohlensaures Natron enthalten.“ (Zamminer).

Neben den genannten warmen Quellen ist in unserer Nähe noch der Nauheimer Soolsprudel besonders zu merken. Er gibt täglich über $2\frac{1}{2}$ Millionen Liter Wasser, aus denen sich etwa 3 Mill. Liter Kohlensäure entwickeln. Da das Wasser ungefähr so viel Kohlensäure gebunden hält, als es selbst Raum einnimmt, so fördert dieser Sprudel ungefähr $5\frac{1}{2}$ Mill. Liter Kohlensäure zu Tage. Ohne Zweifel rührt eine grosse Menge Kohlensäure von dem allgemeinen Verwesungsprozess her; aber im grossartigen Maasse geht die Gasbildung in den Kohlenlagern vor sich, welche in der Steinkohlenperiode und durch die Tertiärbildungen begraben worden sind. Diese urweltlichen Holzlager werden im Innern der Erde unter grosser Hitze und gewaltigem Drucke trocken destillirt, wobei die frei werdende Kohlensäure durch die Spalten und Ritzen der Erdrinde zur Oberfläche entweicht. Zudem kommt fast in jedem Gestein kohlensaurer Kalk vor, der die Kohlensäure in Glühhitze abgibt, welche dann aufwärts entweicht. Die meteorischen Wasser, welche wenig oder keine Kohlensäure enthalten, verschlucken dieses Gas begierig in grossen Mengen. Ausser der Kohlensäure werden auch noch andere Gase z. B. Sumpfgas und Flüssigkeiten z. B. Steinöl bei der langsamen Verbrennung dieser urweltlichen Holzlager

ausgeschieden. Sumpfgas fängt zu brennen an, wenn es mit Luft sich verbindet, woraus sich die Erdfeuer bei Baku erklären. So zeigen die warmen Quellen und Sauerlinge in ihrem letzten Grunde darauf hin, dass im Innern der Erde eine ganz gewaltige Hitze herrschen muss.

Alle diese Erscheinungen, welche in den Thermen und dem Vorkommen der Kohlensäure zu Tage treten, und welche sämtlich eine sehr bedeutende Erdwärme als Postulat voraussetzen, werden an Grossartigkeit durch die wunderbaren Springquellen, die auf dem vulkanischen Boden Island's in ziemlicher Anzahl dem Auge sich bieten, übertroffen. Die merkwürdigsten dieser Sprudelquellen sind der grosse und kleine Geisir und der Strokkur. Bunsen hat in seiner als Norm dienenden Abhandlung diese herrlich schöne Erscheinung erklärt, nachdem er an Ort und Stelle die Natur derselben untersucht hatte. Er beschreibt dieselbe ungefähr wie folgt: „Wegen der ausgedehnten Eisfelder und der Nähe des Meeres fallen auf Island fortwährend ausserordentliche Mengen meteorischer Wasser nieder, und bedecken den Boden oft auf viele Meilen Landseen, Moore und Schlammflächen. In den Spalten des vulkanischen Bodens versickern die Gewässer in die Tiefe, werden dort erhitzt, zum Teil in Dämpfe verwandelt, und kommen nach hydrostatischen Gesetzen als Thermen wieder zum Vorschein. Alle diese Quellen führen eine bedeutende Menge Kieselerde, Salze und Kalk mit und erhalten dadurch die Eigenschaft, den Boden über den sie hinfließen, während sie verdampfen, mit Kieselinkrustationen zu überziehen. Und hierin liegt die Bedingung, um einfache Thermen mit kochendem Wasser im Laufe der Jahrhunderte in Geisire umzuwandeln, indem sich von unten herauf durch diese Kieselkrusten Röhren bilden, aus deren Öffnungen bald continuirlich bald periodenweise Strahlen von siedendem und schäumendem Wasser vermischt mit Dampfgeruch unter Brausen und Zischen hervorgeschleudert werden.“ Das Rohr des grossen Geisir ist 27 m tief, 3 m breit und endigt oben in einem Behälter von 16 m Durchmesser. Wenn eine Eruption vorüber ist, steht das Wasser ziemlich tief in der Röhre; es steigt allmählig höher, bis das Becken überfließt; Dampfblasen steigen auf, bis endlich etwa 5 Minuten lang ein 3 m dicker Strahl von siedendem Wasser und Dampf 30 m hoch in die Luft geschleudert wird.

Neben dem grossen Geisir ebenfalls am Fusse des Vulkan Hekla befindet sich der Strokkur. Er hat ein trichterförmiges Rohr, das 13,5 m tief, oben an der Mündung 2,5 m, unten nur mehr 0,25 m weit ist. Die Wassersäule wird durch die am untern Ende der Röhre eintretenden Dämpfe meist in eine Höhe von 50 m empor getrieben und hat wegen des hohen hydrostatischen Druckes

beim Austritt aus der Röhre eine Temperatur von 114° also weit über den Siedepunkt, verdampft aber an der Luft ausserordentlich rasch.

Die Ausbrüche des kleinen Geisir, der ungefähr 10 Meilen vom Heckla entfernt ist, kehren regelmässig alle 3 Stunden 45 Minuten wieder und bestehen darin, dass Büschel von siedendem Wasser erst 10 Minuten lang in steigender Höhe bis zu 12 m, dann 10 Minuten lang in abnehmender Höhe empor geschneilt werden.

„Wenn die Geisirbecken in Folge der fortdauernden inkrustirenden Wirkung des Wassers sich immer mehr erhöhen, so tritt endlich ein Zeitpunkt ein, wo der Wärmezuffluss in der Tiefe die oben erfolgende Abkühlung nicht mehr zu überwinden vermag, der Kochpunkt wird in der Wassersäule nicht mehr erreicht, und die Geisire verwandeln sich in Becken mit ruhigem oder abfliessendem Wasser. Brechen endlich die Quellen infolge des wachsenden hydrostatischen Druckes an tieferen Punkten hervor, so entleeren sich die Becken ganz. In der Nähe des grossen Geisir zeigen sich alle Stadien dieser Quellenbildung.“ (Zamminer).

Hieher gehören auch die Fumarolen, Oeffnungen in der Erde, die neben geringen Mengen von Gasen und Dämpfen, besonders Wasserdampf aushauchen; sie befinden sich meist in der Nähe der Vulkane. Die Solfataren fördern besonders Gase zu Tage z. B. die Solfataren bei Puzzuoli. Die Mofetten sind Spalten der Erdrinde, durch welche eine grosse Menge Kohlensäure austritt, so dass kleine Tiere, deren Athmungsorgane sich nicht oberhalb der Gasschichte befinden, sterben. Derart ist besonders der vulkanische Boden der Eifel und die Hundsgrotte bei Neapel.

§ 7.

Die Vulkane.

Den unwiderleglichsten Beweis vom Dasein der inneren Erdwärme, ja ein unmittelbares Anschauen des innern Zustandes der Erde gestatten die Vulkane, welche 163 an der Zahl in allen Zonen der Erde vorkommen. Wenn in der heissen Zone und deren Nähe die Vulkane am häufigsten sich finden, so scheint daraus die Folgerung berechtigt, dass am Aequator wegen der grösseren Centrifugalkraft und Wärme die Kruste der Erde noch am dünnsten ist und deshalb von den vulkanischen Gewalten daselbst am leichtesten durchbrochen werden kann. Die von den Vulkanen ausgeworfene Lava hat eine Temperatur von beiläufig 1250° ; setzt man 40 m als Tiefenstufe, so ergibt die Rechnung, dass in $1250 \cdot 40 \text{ m.} = 50000 \text{ m}$ Tiefe oder in einer Tiefe von nicht

ganz sieben Meilen diese Temperatur herrscht. Da aber die Lava beim Austritt aus dem Krater jedenfalls nicht mehr die ursprünglichen Hitzgrade des Erdinnern besitzt, da eine Abkühlung im Kraterschlund die notwendige Folge ist, so darf man wohl annehmen, dass im Erdinnern viel höhere Temperaturen herrschen, und dass in einer Tiefe von 10—11 Meilen eine Temperatur von etwa 3000° sich finden muss, bei welchen Hitzgraden alle irdischen Stoffe nur mehr im geschmolzenen Zustande vorhanden sein können, wie thatsächlich die Lava sie zeigt. Bedenkt man, welche Kraft erforderlich ist, die Massen etwa 7 Meilen empor zu werfen, so kommt man zu dem Schlusse, dass furchtbare Kräfte in der Tiefe wirken, welche rastlos wühlen und die dünne Rinde der Erde durch ihre Thätigkeit erbeben machen. Vulkanische Ausbrüche und Erdbeben hängen unverkennbar zusammen, indem vor jeder vulkanischen Explosion Erschütterungen des Bodens vorher gehen. Erdbeben hat man zwar schon an jedem Punkte der Erde wahrgenommen, aber doch finden sie zumeist in der Nähe noch thätiger oder erloschener Vulkane statt.

Leopold v. Buch hat die Vulkane nach der Beschaffenheit der Kraterunterlage zuerst nach zwei Gruppen unterschieden, nämlich in Reihen- und Centralvulkane. Bei den ersteren sitzt der Kraterkegel meist auf altem plutonischen Gestein auf z. B. auf Granit; daher erscheinen die Reihenvulkane als die ältesten immer noch offenen Schlünde von mächtig gespaltenen Abgründen der Erdrinde, die sich bei der ersten Erhebung der Gebirge gebildet und seitdem ihre Thätigkeit fortgesetzt haben. Bei den Centralvulkanen ist der Krater meist mit Basalt, Trachit also mit späteren Krystallisationen des Gesteins umgeben, wesshalb diese Vulkane als die jüngeren Durchbrüche der Erdrinde anzusehen sind, durch welche die glühende Masse des Erdinnern sich einen Weg zur Oberfläche gebahnt hat. An die 20 Vulkane in Chile, die eine Reihe von 165 Meilen Länge bilden, schliesst sich die Doppelreihe von Quito mit 740 Meilen, woran sich das vulkanische Guatemala reiht, von welcher Reihe das Ende im nördlichen Mexiko liegt. Durch die Aleuten und Kurilen zieht sich die vulkanische Kette nach Japan, über die Philippinen, Sundainseln nach Neu-Guinea, über die Neu-Hebriden und Salomonsinseln nach Neu-Seeland. Die Antillen bilden Reihenvulkane. Dagegen sind die europäischen Vulkane, dann die auf den Azoren, Kanaren, auf den Sandwich- und Freundschaftsinseln centrale Gruppen.

Beobachtet man diese Vulkane, so findet man nicht nur in der Art ihrer Thätigkeit, sondern auch in der Beschaffenheit und chemischen Zusammensetzung der Lava eine fast vollständige Uebereinstimmung. Man folgert daraus mit Grund, dass alle Vulkane mit der nämlichen feuerflüssigen Masse im Innern der Erde in Verbind-

ung stehen, und dass also die gewaltigen unterirdischen Kräfte dieselbe Masse durch die Oeffnungen der dünnen Erdrinde hervor treiben. Die vulkanischen Kräfte haben den Boden überall gehoben und oft zu bedeutenden Bergen aufgethürmt, auf deren Oeffnung sich ein kegelartiger Aufsatz, der Krater, gebildet hat, eine Anhäufung der Auswurfsprodukte der Lava. Von diesen geschichteten oder Strato-Vulkanen sind die Domvulkane zu unterscheiden, Gebilde vulkanischer Thätigkeit, der der eruptive, gewaltsame Charakter fehlt. Wird nämlich die feuerflüssige Masse mit verhältnismässiger Ruhe in den Kanälen des Erdinnern in die Höhe getrieben, so wird die Lava gleichmässig wieder abfliessen, nur kuppelartige Berge bildend, wie man solche Erhebungen in der Eifel häufig sehen kann.

Manche Vulkane haben ein Paar Hauptkrater und viele kleinere Nebenkrater, welche letztere dadurch entstanden sind, dass die glühende Lava die Wände des Hauptkraters durchbrochen und seitliche Auswege sich gebahnt hat. So besitzt der Vesuv 30 kleinere, der Aetna an 700 kleinere Kraterkegel. Die Grösse des Kraters ist sehr verschieden. Der Krater des Vesuv hat eine Weite von 620, der des nie rastenden Stromboli etwa 670, der des Aetna etwa 700, der des Popocatepetl an 1700, der des Kilaua auf Hawaii mehr als 5000 m. In diesem Krater wogt nun die glühende Lava auf und nieder, steigt auf, berstet, und Asche, Sand und Steine werden empor geschleudert. Eine Rauch- und Feuersäule weicht nie von der Krateröffnung. Wenn ein Ausbruch bevorsteht, so beginnt oft schon Wochen zuvor ein donnerähnliches Getöse im Innern des Berges. Allmählig wird die Rauchsäule immer mächtiger und feuriger, bis endlich unter dröhnendem Lärm die Auswurfsprodukte oft bis 2000 m in die Lüfte empor fliegen. „Während Wolken von Rauch, Asche und Steinen, sagt v. Buch, durch die Sturmwinde über das Land hingetragen werden, steht die hohe Feuersäule immer senkrecht auf dem Krater, und Asche und Steine fliegen an ihr vorbei.“ Die Feuererscheinung ist jedenfalls nur die Beleuchtung der auffliegenden und wieder zurückstürzenden Lava durch die feuerige Lava im Krater. Darunter dringen rein weisse, hell leuchtende Massen von Wasserdampf aus dem Krater in die Lüfte, von lebhaften Blitzen begleitet. Diese Dampfwolken entleeren sich bald als gewaltige Platzregen mit Sand und Asche vermischt auf den Vulkan und dessen Abhänge niederstürzend. Häufig berstet die Wandung des Kraters und hell leuchtend bricht die flüssige Lava hervor und wälzt sich als verheerender Strom über den Berg herab den von Menschen bewohnten Stätten entgegen. So verbinden sich die entfesselten Elemente des Wassers und des Feuers, um Alles zu vernichten, was auf ihrem Wege sie treffen. Der einen solchen Ausbruch begleitende

	bd	bd
	—	—
aq	pq	pq
bd	bd	bd

Donner wird oft mehrere hundert Meilen weit gehört. Der Ausbruch des Cotopaxi i. J. 1774 wurde in einem Umkreis von 109 Meilen, und der Donner beim Ausbruch des Consiguina i. J. 1834 auf 230 Meilen Entfernung gehört, und es war, als ob das Rollen unter den Füßen stattfände.

Solch mächtigen Ausbrüchen gegenüber ist es wohl nicht zu verwundern, wenn unterseeische Vulkane den Meeresboden manchmal heben. So wurde 1811 die Insel Sabrina (Azoren) aus dem Meere gehoben, und 1831 stieg nördlich von Sizilien während eines mächtigen Ausbruches die kleine Insel Ferdinanda aus dem Meere empor. Allein beide Inseln konnten dem Andrang der Wogen nicht lange widerstehen und waren schon nach einem Jahre wieder in die Tiefen des Meeres hinabgesunken. Die Insel Beglossowa (Aleuten) wurde 1819 aus dem Ocean emporgehoben und sinkt jetzt langsam wieder zurück. So wurde 1759 der Vulkan Jorullo in Amerika an einem Tage 480 m hoch in einer bis dahin blühenden Ebene gehoben und ist bis heute ein äusserst thätiger Vulkan geblieben.

Es ist so ziemlich ausser Zweifel, dass dem Wasser eine Hauptrolle bei diesen vulkanischen Ausbrüchen zufällt; denn alle Vulkane — mit Ausnahme zweier in Asien, die aber nur durch chinesische und japanische Nachrichten bekannt sind — liegen in der Nähe des Meeres. Das Wasser dringt durch die Spalten in den Erdboden ein und versinkt in dem zerklüfteten vulkanischen Boden in die Tiefe, wo es durch die Hitze in Dampf verwandelt wird. Der Dampf fordert aber einen 1700 mal grösseren Raum als das Wasser. Mit zunehmendem Druck und zunehmender Hitze wächst die Expansivkraft der Dämpfe, und die Physik weist nach, dass der Wasserdampf z. B. bei 600° C die Dichte des Wassers hat und einen Druck ausübt, der einer Wassersäule von 22000 m entspricht, was einem Drucke von 22000. 74 kgr. = 1 628 000 kgr. gleich kommt.

Andrerseits wird angeführt, dass die Erde in einem Zustande der Abkühlung sich befinde und deshalb eine Contraction erfahre. Da bei dieser Abkühlung auf der inneren Seite der Erdkruste die Gesteine sich krystallinisch ordnen, ein krystallisirter Körper einen grösseren Raum erfordert als im flüssigen Zustande, so muss in Folge dessen der feuerflüssige Brei einen ausserordentlichen Druck von Seite der erstarrenden Erdrinde erfahren. Wenn durch die Contraction eine Raumverminderung von nur 0,001 mm eintritt, so müssen schon bedeutende Lavaergüsse durch die Vulkane heraus gepresst werden. Humboldt nennt sie deshalb mit Recht die Sicherheitsventile des Erdkörpers.

In neuester Zeit hat Falb die vulkanischen Ausbrüche und Erdbeben auf kosmische Ursachen zurück geführt. Er nimmt nämlich an, dass die Gravitation der Sonne und des Mondes, so wie sie auf die Gewässer an der Oberfläche der Erde wirkt und hier Flut und Ebbe veranlasst, ihren Zug auch auf die feuerflüssige Masse im Innern der Erde ausübt und auch hier ein Aufstauen dieses gewaltigen Feuermeeres herbei führt, d. h. Falb nimmt an, dass Flut und Ebbe nicht bloss an der Oberfläche der Erde in den Gewässern der Ozeane stattfindet, sondern dass dieselbe Flutwelle auch in dem unterirdischen Feurozean durch den Zug der Sonne und besonders des Mondes gebildet und um die Erde herum geführt werde. Wäre die Innenseite der Erdrinde eben, so würde die seismische Flutwelle ohne weitere Folgen als unter Ausübung eines gewaltigen Druckes auf die Umhüllung in 24 Stunden das Erdenrund umkreisen. Allein wie die Flutwelle der irdischen Meere durch die Continente und die Untiefen des Meergrundes Stauungen und Verzögerungen erfährt, so wird auch die seismische Welle durch die Unebenheiten des Erdinnern in ihrer Geschwindigkeit gehemmt und die feuerflüssige Masse durch vorspringende Krystallisationen in die Schlünde und Vertiefungen hineingedrängt. Die feurige Materie muss da notwendig auf die sie hemmende Kruste Stösse, wodurch einzelne Teile des Erdinnern sich loslösen, ausüben oder sie muss, während sie in den Spalten und Schlünden erkaltet, Explosionen verursachen, wodurch die Grundvesten der Erde erschüttert werden. Wird der Druck auf die feuerflüssige Masse abgeleitet, so entsteht ein vulkanischer Ausbruch; findet der Druck aber keinen Ausweg, so pflanzt sich der Stoss, der am Mittelpunkte des Erdbebens meist aufwärts stattfindet, unter wellenförmiger Bewegung nach einer oder mehreren Seiten fort. Sogenannte kritische Tage sind nach der Falb'schen Theorie jedesmal dann zu erwarten, wenn zur Zeit des Perigäums Neumond eintritt.

Die grässlichsten Verheerungen richten wegen der vollen Kraft die aufwärts gehenden Stösse an. So war es bei dem Erdbeben, das 1693 Catania zerstörte, wobei 60000 Menschen das Leben verloren; so ward Casamicciola auf Ischia in wenigen Sekunden in einen Haufen von Schutt und Leichen verwandelt. Nach solchen Erschütterungen gelangt der Erdboden oft längere Zeit nicht mehr zur Ruhe: in den Antillen hat man schon oft mehrere Tage andauernde Schwankungen beobachtet; i. J. 1811 bemerkte man zu Cincinnati und 1822 zu Aleppo monatelanges Zittern des Bodens; nach dem Erdbeben von Riobamba 1797 wurden die Antillen 8 Monate lang erschüttert, bis der Ausbruch eines längst erloschenen Vulkans auf Guadeloupe stattfand. Nach beendeter Eruption begannen neue Erdbeben, die am 14. Dezember Cumana zerstörten. Welch unge-

heuere Ausdehnung ein Erdbeben haben kann, zeigt das Erdbeben von Lissabon 1755. Dasselbe wurde mit Ausnahme Russlands in ganz Europa, auf dem atlantischen Ocean, den Antillen und Nordamerika verspürt. In Lissabon stieg das Meer 12 m über den höchsten Flutenstand und brauste auf das Festland hinein.

Ueber die Geschwindigkeit der Erschütterungswellen lässt sich vorläufig Bestimmtes noch nicht sagen, denn die geologischen Verhältnisse im Innern der Erde sind uns vollständig unbekannt, so dass wir bloss annähernde Schlüsse aus lokalen Beobachtungen machen können. Humboldt schätzt die Geschwindigkeit der seismischen Wellen auf ungefähr 5 Meilen in der Minute; andere glauben eine Geschwindigkeit beobachtet zu haben, die zwischen 260 m und 750 m in der Sekunde wechselt.

Nach diesen Betrachtungen ist wohl der Schluss sehr nahe gelegen, dass durch diese nie ruhenden vulkanischen Kräfte in den Tiefen der Erde weite Strecken Land aus den Gewässern der Ozeane gehoben, andere dagegen wieder versenkt werden. Die Westküste Italiens hebt sich seit Jahrhunderten merklich aus dem Meere empor. Humboldt fand, dass bei einem Erdbeben in Chile das Land 18 m sich hob, und man findet dort Seemuscheln auf Höhen, wo seit Menschengedenken kein Meerwasser hingereicht hat. Die West- und Nordküste von Skandinavien ist in stetem Steigen begriffen; die ganze Sahara ebenso die norddeutsche Tiefebene erweisen sich als gehobener Meeresboden. Andererseits hat man an Grönlands und Dalmatiens Küsten ein merkliches Sinken der Küste wahrgenommen. Ganz Polynesien ist seit Jahrhunderten im Sinken begriffen, was man aus der Beobachtung der Korallenriffe abnahm. Diese Polypen können nämlich den Druck des Wassers nur bis zu einer gewissen Tiefe ertragen, und die Zoologie gibt ungefähr 30 m Tiefe als Maximum des Druckes an, so dass in grösseren Tiefen diese Tierchen nicht mehr leben können. Nun finden sich aber Korallenriffe in viel bedeutenderen Tiefen, woraus Darwin schloss, dass der Boden der Südsee sich gesenkt haben müsse.

§ 8.

Geologie.

(nach Zamminer.)

Von Laplace und Kant rührt der Gedanke, dass die Sonne mit allen Planeten und Kometen unseres Systems einst als ein feuriger Dunstball im Weltraume sich bewegt und dabei um eine Achse rotirt habe. Seine Ansicht gründete der grosse Mathematiker auf die Thatsache, dass sämtliche Glieder unseres Sonnen-

systems sowohl ihre Rotations- als auch ihre Revolutionsbewegung in der gleichen Richtung vollenden, eine Erscheinung, die offenbar auf einen früheren Zusammenhang hinweist. Auch die Nebelflecken, mit einem oder mehreren helleren Punkten versehen, deuten, wie es scheint, ebenfalls darauf hin, dass in anderen Räumen des Weltalls der Bildungsprozess, den unser Sternhaufen und mit diesem unser Sonnensystem vor unzählbaren Billionen von Jahren bereits durchgemacht hat, als der feurige Dunst bei eintretender allmählicher Abkühlung sich zu ballen anfang, eben erst vor sich gehe. Die Schwungkraft war die Ursache, dass in der Aequatorialzone des Feuerballes einzelne Massen sich ablösten, die die Rotation des Centralkörpers fortsetzten, indem sie sich um denselben bewegten. Da auch diese kleineren Massen um ihre Achsen eine Rotation hatten, so wiederholten sie an sich denselben Prozess, der ihnen Trabanten an die Seiten gab. Plateau's Versuch scheint im Kleinen den grossen Vorgang der Weltenbildung zu bestätigen, und die Spektralanalyse gibt dieselben Schlusssätze. Die Erde war also bei ihrem Entstehen auch ein mächtiger Feuerball, der mit Rotation um die Achse den Centrankörper umkreiste. In Folge der centrifugalen Kraft musste am Aequator ein Aufbauchen und an den Polen ein Zurückweichen der Materie eintreten, oder es entstand an dem feuerflüssigen Balle die Abplattung. Wenn man bedenkt, dass der neugebildete Planet in der heftigsten Weissglühhitze sich befand, dass alles Wasser, alle Gase und leicht flüchtigen Körper in Dampfform in der Atmosphäre schwebten, somit einen ungeheuren Druck üben mussten, so ist klar, dass wir jetzt die dortmaligen chemischen Verbindungen der Elemente anzugeben nicht mehr im Stande sind. Diess jedoch leuchtet ein, dass die schwereren Massen in dem Feuerbrei versinken und dem Mittelpunkte der Erde zustreben mussten. Ausser dem fortschreitenden Abkühlungsprozess an der Oberfläche mochte die einförmige Ruhe unseres Planeten in jener Zeit nur durch die Flutwelle unterbrochen worden sein, die in der dichten Atmosphäre und in dem Feuermeer ganz regelmässig umlief. Nach ungemessenen Zeiträumen fingen einzelne Teile an der Oberfläche zu erstarren an, und die Flutwelle musste jedesmal die dünne Rinde wieder zertrümmern; aber die Schollen fügten sich allmählig an einander, ähnlich wie das Eis auf den Flüssen sich stellt. Als bei weiterer Abkühlung diese Rinde unzählige Mal geborsten und vom Feuerflüssigen überflutet worden war, musste diese Rinde eine gewisse Dicke voller Unebenheit annehmen. Da musste endlich einmal der Zeitpunkt eintreten, wo die Wassermassen in Dampfform in der Atmosphäre sich nicht mehr halten konnten, es trat eine Condensation ein; die aus der Atmosphäre nieder stürzenden Gewässer trafen auf den noch heissen Erdkern, verdampften daselbst, fuhren zischend wieder in die Atmosphäre empor

und entführten der Erde grosse Mengen Wärme. Doch aus dem Kampfe der Elemente ging siegreich das Wasser hervor und bedeckte schliesslich in Siedehitze in einer ziemlich gleichmässigen Schichte die Erde. Es drang in die Spalten und Abgründe der Erdrinde ein, verdampfte, und der Wasserdampf sprengte die dünne Erdrinde auf's Neue unter heftigen vulkanischen Ausbrüchen und mächtigen Erhebungen der erstarrten Massen. So war die Erde der chaotische Tummelplatz für die beiden Elemente Feuer und Wasser.

Das erste Gebirg der Erdrinde, die Unterlage für die übrigen Gebirge, ist das Urgebirg, das eine selbstständige, durch Krystallisation bedingte, körnige oder schieferige Bildung besitzt, keine Petrefakten enthält und reich an Gängen und Lagern von Erzen ist. Granit, Syenit, Quarz, Hornblendegestein sind die Bestandteile nebst Glimmerschiefer und Gneiss. Der Schwarzwald, der Böhmerwald, das Erzgebirg, Riesengebirg, die skandinavischen Gebirge gehören zu dem Urgebirge.

Die zweite Klasse der Gebirge bildet das Uebergangsgebirg, auch Grauwackengruppe oder silurisches Gebirg genannt. Wir begreifen darunter diejenigen Felsmassen, welche zwischen das Ur- und Flötzgebirge gelagert sind, deutliche Schichtung zeigen und durch Wiedervereinigung der Trümmer älterer Gebirgsmassen entstanden sind. Nicht selten ragen Felsen des Urgebirges in dasselbe von unten herauf hinein und darüber hinaus, während das ältere Flötzgebirg häufig durch die Grauwacke hindurch bis zum Urgebirg sich fortsetzt. Die Grauwacke ist besonders reich an erzhaltigen Gängen und Lagern; doch fehlen Steinsalz und Kohlen. Es kommen bereits Abdrücke von kryptogamischen Gewächsen, dann Gehäuse von Strahltieren, Weichtieren, Trilobiten, Posidomyen u. s. w. also die niedrigsten Organismen vor. Hieher gehören die Gebirge am Mittelrhein, an der Maas, der Harz, der Fuss des Fichtel- und Erzgebirges.

Auf der dritten Stufe liegen die Flötz- oder secundären Gebirge. Diese umfassen eine Reihe Formationen von der Steinkohle an bis zur Kreide, welche zwischen dem Uebergangs- und dem tertiären Gebirge gelagert sind und aus der regelmässigen Lagerung der Bänke schliessen lassen, dass sie durch Anschwemmung oder Niederschlagung aus dem Wasser entstanden sind. Sie bestehen grösstenteils aus mächtigen Sandstein- und Kalkgebilden, welche sehr zahlreiche organische Ueberreste einschliessen und nach oben immer weniger erzführende Gänge und Lager enthalten. Man unterscheidet fünf Hauptformen: die Steinkohle, den Zechstein, die Trias, den Jura und die Kreide.

Durch vulkanische Revolutionen und die Macht der meteorischen Gewässer war die volle Organisation der zweiten Periode allmählig begraben worden, wie wir sie in den Steinkohlenlagern Englands, Belgiens, in Rheinpreussen vor uns sehen. In der nächsten Formation des Zechsteins oder Kupferschiefergebirges zeigt sich anfangs sehr spärliche Vegetation nur in Nadelhölzern und Farren; in der Tierwelt finden sich hier zuerst die sonderbaren Gestalten der beschuppten Eidechsen. Die Gebirge im Schwarzwald, Odenwald und zum Teil die Alpen geben hiefür Zeugniß. Desto reicher und mit immer höherer Organisation zeigen sich die Pflanzen in der Trias-Periode (Sandstein, Muschelkalk und Keuper); von Tieren finden sich Ueberreste von Schalthieren, Krebsen und Eidechsen. Man erkennt in dieser Periode sogleich die zerstörenden Wirkungen der meteorischen Gewässer, deren Folge eine allgemeine Verwitterung war. Die Vorgänge jener Zeiten sind im Thüringerwald, in den Vogesen, in den östlichen Alpen, im Pindus erhalten. Die merkwürdigste ist ohne Zweifel die Jura-Epoche. In dieser Periode traten winzige Tierchen des Meeres als die bildenden Faktoren an der Erdoberfläche auf. Die riffebildenden Korallen waren so zahlreich, dass ihnen allein die Jurabildung zuzuschreiben ist. Der ganze Jurakalk ist ein grossartiges Grab von Echiniden, Schnecken und Ammonshörnern. Der Jura ist der Aufbewahrungsort zahlreicher Versteinerungen von Pflanzen, dann See- und Landtieren; hier findet man zuerst riesige Reptilien, Flugeidechsen, Seedrachen, See- und Landschildkröten, Krebse und Fische, endlich das vollständige Skelett und die Federn des Archäopteryx. Die damaligen Meere bevölkerten die abenteuerlichen Gestalten der Fischechsen und die gigantischen Saurier, der Ichthyosaurus und Plesiosaurus, während das über das Wasser hervorragende Land dichte Wälder von Nadelhölzern, Farren und Schachtelhalmen bedeckten. In den obersten Schichten des Jurakalks also am Ende der Juraperiode finden sich die ersten Reste eines Säugetieres der niedersten Ordnung, das zu den Beuteltieren gehört. Die letzte Formation des Flötzgebirges ist die Kreidenperiode, die meist auf den oberen Gliedern des Jura ruht und von den Gebilden des tertiären Gebirges und von aufgeschwemmtem Land bedeckt ist. Diese Periode ist gezeichnet durch mächtige Niederschläge aus dem Wasser. Man findet in diesem Gestein die Ueberreste von Vögeln, Fischen und von den Reptilien besonders die plumpe Gestalt des Dinosauriers. Säugethiere fehlen in dieser Periode vollständig; das Aufsteigen der Pyrenäen, der Sevensen, der Apeninnen, der julischen Alpen, des Balkan, des Kaukasus, des Atlas aus den Gewässern der Erde fällt in diese Periode.

Die gleichmässige Verbreitung der Vegetation und das Vorkommen der Reste von solchen Tieren, die nur in einer reichlichen

Vegetation hinlängliche Nahrung finden konnten, in höhern Breiten beweisen, dass bis dahin die der Erde eigenthümliche innere Wärme hingereicht hatte, ein gleichmässiges tropisches Klima über die ganze Erde zu verbreiten. Die Sonnenstrahlen, die durch eine äusserst dichte mit schwerem Gewölk angefüllte Atmosphäre noch nicht so wie heute bis zur Erde dringen konnten, entschieden damals noch nicht die Temperatur der Zonen und Jahreszeiten. Selbst in der nun folgenden Tertiärperiode war die Erde noch von einer Vegetation bedeckt, die wir in den Braunkohlenlagern vom Süden Italiens bis an die Ostsee begraben finden, und die ihres Gleichen nur in der tropischen Zone hat. Die Sedimentgebilde dieser Periode rücken jedoch den Ablagerungen aus dem süssen Wasser und dem Meere der Jetztzeit schon ziemlich nahe. Ammoniten, Belemniten und andere Gattungen, die in früheren Perioden so zahlreich auftreten, fehlen hier ganz, Pflanzen und Tiere, wie sie in den Versteinerungen der Molasse vorkommen, zeigen höher organisirte Geschlechter, und unverkennbar tritt in der jüngeren Tertiärflora bereits der Einfluss der klimatischen Verschiedenheit der Zonen hervor. Die Erhebung aus dem Wasser und die Bildung der tertiären Zeit tragen die Gebirge von Corsika und Sardinien, der Schweiz und des Rhonethales an sich; ebenso stieg in der Tertiärzeit die Molasse des spanischen Gebirges, von Südengland und Skandinavien empor, und der Kaukasus erfuhr eine weitere Hebung.

Die letzte gewaltsame Umbildung der Erdoberfläche hat das Diluvium herbei geführt. Man begreift darunter alle diejenigen Glieder aufgeschwemmten Landes, welche über dem tertiären Gebirge lagern, eine grosse Menge jetzt meist ausgestorbener grosser See- und Landtiere enthalten z. B. das Mammuth, den Höhlenbären, Arten von Nashörnern, gewaltige Hirschen, Hyänen, Pferde u. s. w. und in allen Verhältnissen darauf hinweisen, dass sie die Ergebnisse mächtiger Ueberschwemmungen des Meeres seien, wodurch weite Flächen der damals bereits trockenen Erdoberfläche wieder mit Wasser bedeckt, Gebirgsmassen zertrümmert, Steinblöcke mit fortgerissen und fern ihrem Ursprung wieder abgesetzt worden sind. Die Gebirge von Griechenland, Sicilien und Neapel u. a. sind noch Hebungen, die während der Diluvialzeit stattgefunden haben. Möglich, dass das Menschengeschlecht, von welchem in keiner der früheren Perioden sich Ueberreste vorfinden, bereits Zeuge dieser letzteren Vorgänge war.

Seit jenen Zeiten ist eine wesentliche Umbildung der Erdoberfläche nicht mehr eingetreten. Die gegenwärtige Periode des Alluviums umfasst die neuesten noch gegenwärtig dauernden Bildungen von meist erdigen Massen, von Sand und Geschiebe, welche an den Ufern der Meere, besonders an den Flussmündungen

sich bilden und durch Verwitterung der Gesteine und durch Verwesung organischer Körper fortwährend sich erzeugen. Für die jetzige Periode oder das Alluvium ist wohl die geschichtliche Zeit noch zu kurz, als dass schon etwas über diese Anschwemmungen ausgesagt werden könnte, ihre bisherige Dauer erscheint gegen die Zeiträume, welche seit dem Auftreten der ersten sedimentären Schichten verflossen sind, verschwindend klein. „Zu der Bildung der preussischen Steinkohlenflötze ist nach Bischof's Berechnung mindestens eine Million Jahre erforderlich gewesen, und aus der wahrscheinlichen Temperatur zu jener Zeit und den Beobachtungen über die Erkaltungsgeschwindigkeit einer glühenden Basaltmasse hat derselbe Forscher abgeleitet, dass seit der Steinkohlenperiode mindestens neun Millionen Jahre verflossen sein müssen.“

Nach diesen Betrachtungen kann man wohl, gestützt auf die Forschungen und Resultate der Geologie, behaupten, dass unser Planet, auch jetzt sich in einer Uebergangsperiode befindet, und wenn auch für den Augenblick der Zustand des Planeten gesichert erscheint, und nichts darauf hindeutet, dass in absehbarer Zeit eine Veränderung in dem Zustande der Erdoberfläche eintreten könnte, so wird die Möglichkeit fast zur Gewissheit, dass die vulkanischen Kräfte im Innern durch Gebirgserhebungen einstens wieder einmal eine Aenderung des gegenwärtigen Bestandes veranlassen können, so sehr auch der Zeitpunkt der Katastrophe noch in die Ferne gerückt werden kann. Der lange Gebirgszug der Cordilleren in Amerika und der gewaltige Gebirgsstock des Himalaya im mittleren Asien zeigen sich als Erhebungen von verhältnismässig jungem Alter, und es hat den Anschein, als ob die Höhe der Gebirgserhebungen zugenommen hätte mit der Kraft, welche erforderlich war, die stets dicker werdende Erdrinde zu sprengen.

Mittler Weile schreitet die Abkühlung des Erdinnern zwar langsam aber stetig fort; denn durch die Vulkane und die warmen Quellen werden der Erde fortwährend Wärmemengen entführt, die ihr nie wieder ersetzt werden. Fourier fand durch auf Beobachtung gestützte Rechnung, dass die innere Erdwärme bereits eine so geringe Wirkung äussert, dass sie die mittlere Jahrestemperatur höchstens noch um $1/30^{\circ}$ C zu ändern im Stande ist. Und so ist es allerdings möglich, dass nach vielen Millionen von Jahren die innere Erdwärme vollständig verschwinden wird, dass dann die warmen Quellen ausbleiben und die Vulkane erlöschen werden. Welches dann in jener entlegenen Zukunft das weitere Schicksal und die Gestaltung unseres Planeten und des Lebens auf seiner Oberfläche sein wird, das ist und bleibt uns für jetzt ein Geheimniss.

§ 9.

Die Sonnenwärme.

Der Sonnenkörper, der durch seine Schwere die Planeten und Kometen hält und durch den Weltraum führt, gibt ihnen auch Licht und Wärme. Es ist der Gedanke nahe liegend zu bestimmen, wie gross denn die von der Sonne der Erde zugesendete Wärmemenge sei. Die Beobachtung zeigt, dass die Intensität der Sonnenwärme nicht überall gleich gross sei; denn Hohlspiegel zeigen auf Bergen im Brennpunkte eine höhere Temperatur als in den Thälern. Daraus folgt, dass durch die dichte Luft in den Thälern eine bedeutende Menge Wärme absorbiert wird. Herschel hat durch sein Aktinometer die Intensität der Sonnenwärme zu bestimmen versucht, indem er beobachtete, um wie viel ein Kubikfuss Wasser in einer Minute erwärmt wurde. Pouillet brachte an dem Gefäss ein Uhrwerk an, dass die Sonnenstrahlen immer senkrecht darauf fielen, und fand so aus den Winkeln, die nach dem jeweiligen Stande der Sonne verschieden sind, den constanten Faktor. Es ergab sich, dass 1 Gramm Wasser in 1 Minute um $0,44^{\circ}$ C erwärmt werde, woraus als Absorptions-Coefficient der Luft 0,4 sich ergibt, so dass also 0,6 Einheiten zur Erde gelangen. Nach der Grösse und Entfernung der Erde von der Sonne empfängt unser Planet ungefähr ein 238 Millionstel der ganzen von der Sonne ausgehenden Wärme. Man hat durch näherungsweise Berechnung gefunden, dass die Sonnenwärme, die dem planetarischen Raum bis zur Erde mitgeteilt wird, im Stande wäre, 12000 Kubikmeilen Wasser in 1 Minute um 1° C. zu erwärmen. Da die Grössenverhältnisse der Sonne genau bekannt sind, so müsste hiernach, wenn die Wärme ein Fluidum wäre, die Sonne alljährlich um $1,8^{\circ}$ C abkühlen, also in 6000 Jahren etwa 10000° Abkühlung erfahren, wenn sie keinen Wärmeersatz erhielte. Selbst wenn die Sonne lauter Kohlenstoff wäre und genug Sauerstoff vorhanden wäre, um diesen riesigen Verbrennungsprozess fortdauernd zu unterhalten, so müsste sich der Vorgang in kurzer Zeit erschöpfen. Einen Ersatz für diese ausgestrahlte Wärme finden Einige in der Natur und dem Kreislauf der Kräfte. Eine einmal thätige Kraft geht nicht mehr verloren, sondern wenn sie in ihrer ursprünglichen Form nicht mehr weiter wirken kann, tritt sie mit verändertem Wesen als ein anderes Agens auf. So zeigt ein einfacher Versuch, dass ein Nagel durch Hämmern erhitzt werden kann; mittelst der Dampfmaschine fand man, dass eine Kraft, die einen Körper 4 m hoch hebt, hinreicht, 1 Pfund Wasser um 1° zu erwärmen. Gehemmte Kräfte treten, wie die Physik nachweist, meistens als Wärme auf. Manche meinen deshalb, dass die Wirkungen der Gravitation selber eine solche Quelle

der Sonnenwärme seien. Die Untersuchungen von Secchi aber machen es fast zweifellos, dass auf der Sonne in Folge der hohen Temperatur des in der höchsten Weissglühhitze befindlichen Sonnenkörpers grossartige Verbrennungen von Wasserstoffgas stattfinden, wodurch die mächtige Sonnenwärme erzeugt wird.

Welches nun auch die Ursache der Wärme sein mag, so viel ist gewiss, dass die Sonnenwärme jenes Agens ist, das die meisten Veränderungen bewirkt. Ohne Sonnenwärme kein Leben, keine Bewegung, sondern Tod und träge Ruhe! Seitdem die innere Erdwärme so schwach geworden ist, dass sie die mittlere Temperatur kaum um $\frac{1}{30}^{\circ}$ C zu ändern im Stande ist, ist die Sonnenwärme die einzige ergiebige Wärmequelle, und von ihr allein hängt daher auch das Aussehen und die Beschaffenheit der Erdoberfläche und das Leben auf derselben ab. Doch die nähere Verteilung der Wärme ist sehr viel auch von der Wassermasse und den Gebirgen der Erde bedingt, daher das Relief der Erde in dieser Hinsicht von grossem Einflusse ist.

§ 10.

Das Relief der Erde.

a) Die Polarländer.

Die Gestaltung der Erdoberfläche im höchsten Norden, wo die Sonnenwärme fast alle Kraft verloren hat, ist durch die Nordpolfahrten, welche auf Befehl mehrerer europäischer Regierungen unternommen worden sind, um die nordöstliche oder nordwestliche Durchfahrt aufzufinden, genau bekannt geworden.

Zur Aufsuchung einer nordöstlichen Durchfahrt sandte 1553 England eine Expedition mit drei Schiffen ab, von denen zwei in Lappland durch Kälte und Hunger umkamen, das dritte mühsam nach Archangel gelangte. Auch die Holländer nahmen die Nordostdurchfahrt eifrig auf und sandten 1596 unter Barentz eine Expedition in die nördlichen Meere, die durch die Waigatschstrasse bis an das Nordende von Nowaja Semlja vordrang, die Bäreninsel und Spitzbergen auffand.

Da die nordöstliche Durchfahrt, wie es schien, unübersteigliche Hindernisse bot, so wandte man sich den nordwestlichen Polarfahrten zu. Auf Befehl der Königin Elisabeth unternahm Frobisher von 1576—1581 vier Fahrten, fand aber nur die Frobisher Strasse. Die ostindische Compagnie rüstete von 1585—1643 mehrere Expeditionen aus, unter welchen die von Davis geführte 1587 die nach ihm benannte Strasse auffand, Hudson 1610 die Hudson-Strasse

und Bai erforschte, Baffin 1616 durch die Baffinsbai eindrang und unter 78° n. Br. den Smith- und Lancaster-Sund entdeckte. Da aber Baffin bei seiner Rückkehr erklärte, dass es unmöglich sei, eine nordwestliche Durchfahrt aufzufinden, so erkaltete auf lange Zeit die Lust an arktischen Versuchen. 1769—1772 versuchten die Briten als Besitzer von Nordamerika zu Lande den Norden zu erreichen. So wurde der Kupferminen- und der Mackenzie-Strom entdeckt und die Thatsache gefunden, dass der amerikanische Continent im Norden vom Polarmeer begrenzt ist.

Unterdessen hatten die Russen Sibirien erobert und traten im 17. Jahrhundert als Entdecker in diesem Lande und im Norden desselben auf. Englische und holländische Kaufleute waren bereits aus dem weissen ins karische Meer vorgedrungen bis an die Mündungen des Ob und Jenisei. Von den folgenden Expeditionen sind besonders die Reisen von Veit Bering von 1725—1728 nennenswert, der die ganze Nordküste Asiens über das Cap Taimura und die Baranowklippen hinaus untersuchte und schliesslich durch die nach ihm benannte Strasse ins ochotzkische Meer segelte. Durch alle diese und spätere Untersuchungen wurde aber unwiderleglich dargethan, dass die nordöstliche Durchfahrt nach Ostindien eine Unmöglichkeit sei.

Mit erneutem Eifer wandten sich die Briten dem Nordwesten zu, besonders seit sie durch den Walfänger Scoresby erfahren hatten, dass in Folge ungewöhnlich heisser Sommer das Eis im hohen Norden sich löse. Kapitän Parry erreichte 1819 die Insel Melville, wo er während zweier Winter eingefroren war und — 42° Temp. beobachtete. Kapitän John Franklin theilte seine Expedition so, dass ein Teil durch die Baffinsbai, der andere durch die Beringsstrasse ins Polarmeer eindrang. Man fand die grosse Insel Banksland. Auf dem Continente zeigten sich vom Pflanzenreiche nur mehr Flechten und Moose und etwas landeinwärts Bisamochsen, weisse Füchse und grosse Schwärme von Seevögeln; es müssen also nördlich vom Bärensee Weideplätze sich finden. 1829 unternahm John Ross eine Reise, die hauptsächlich von Felix Booth ausgerüstet war, um die westlichen Gegenden vom Nordmeer zu untersuchen, und fand eine grosse Halbinsel, die er Boothia felix nannte. Parry unternahm von Melville aus mit Schlitten Expeditionen und fand im Norden von Melville Grassflächen und eisfreies Meer, so dass sich die Ansicht geltend machte, dass am Pole wahrscheinlich offenes Meer ist.

Die grosse Polarexpedition, welche Franklin 1845 wissenschaftlicher Zwecke halber nach Norden führte, kehrte nicht mehr zurück, und ebenso wenig erreichten die drei ihm nachgesandten Expe-

ditionen ihren Zweck; doch wurde unter 79° n. Br. Grinellland entdeckt und bis 82° 30' vorgedrungen, wo sich zum Staunen der Forscher offenes Meer, grüne Plätze und Tiere zeigten.

Da durch diese Reisen die Untauglichkeit auch der nordwestlichen Durchfahrt für Handelszwecke erkannt war, strebte man um so eifriger, den Nordpol zu erreichen. Eine schwedische Expedition sollte Ostgrönland untersuchen und Spitzbergen umsegeln; durch Petermann's Bemühen kamen zwei deutsche Nordpolexpeditionen zu Stande, von denen die eine auf Ostgrönland den Franz-Joseph-Fiord mit milder Temperatur und grünem Gelände, die andre König Karl-Land östlich von Spitzbergen auffand. Eine österreichische Expedition erkannte unter 80° n. Br. ein grosses Land mit hohen Bergen, das Franz-Joseph-Land getauft wurde. Nachdem man bis 83° 30' vorgedrungen war, konnte man selbst mit Schlitten nicht weiter kommen und man erkannte, dass es ein eisfreies Polarmeer nicht gibt, und dass der Pol wegen der gewaltigen Eismassen nicht erreichbar ist.

Um den Nordpol der Erde ist also eine reich gegliederte Inselwelt gelagert, die aber wegen der Eismassen nur in sehr warmen Sommern zugänglich wird. Eine Annäherung an den Südpol ist bis jetzt nicht gelungen; nur in weiter Ferne wurden dort die Umrisse eines bedeutenden Landes beobachtet, das den Namen Wilke's Land trägt.

b) Die Küstenlänge.

Einen unzweideutigen Einfluss auf die Wärmeverhältnisse und überhaupt auf das Leben der Menschen hat die mehr oder minder ausgedehnte Masse des Landes dem Wasser gegenüber. Die Küstenlänge im Verhältniss zum Flächenraume eines Erdtheiles hat namentlich auf die Entwicklung des physischen, animalischen und geistigen Lebens seiner Bewohner einen ganz gewaltigen Einfluss, was zuerst der Geograph Ritter deutlich nachgewiesen hat.

Afrika	hat	545 000	□	Meilen	und	3500	Meilen	Küstenlänge
Neuholland	„	138 000	„	„	890	„	„	
Asien	„	883 000	„	„	7700	„	„	
Süd - Amerika	„	321 000	„	„	3400	„	„	
Nord - Amerika	„	342 000	„	„	6000	„	„	
Europa	„	168 000	„	„	4300	„	„	
Afrika :	auf	1	Meile	Küstenlänge	treffen	156	□	Meilen,
Neuholland :	„	1	„	„	„	155	„	
Asien :	„	1	„	„	„	115	„	
Süd - Amerika :	„	1	„	„	„	95	„	
Nord - Amerika :	„	1	„	„	„	57	„	
Europa :	„	1	„	„	„	40	„	

Wenn man die Kulturzustände der Erdteile mit diesen Zahlen in Bezug auf die Küstenlänge vergleicht, so zeigt sich's, dass die Kultur mit der Zunahme der Küstenlänge gleichen Schritt hält. Durch die grosse Küstenlänge im Verhältniss zum Flächenraum ist Europa schon durch die Natur aufs höchste begünstigt. Wie Fühlhörner streckt es seine Halbinseln nach allen Richtungen hinaus, und die bewegliche Flut ladet den Europäer überall ein, Fahrzeuge zu bauen und auf das weite Meer hinaus zu schwimmen. Dieses allseitige Eindringen des Meeres in den europäischen Continent hat auch ein ausserordentlich reichlich entwickeltes Stromsystem herbeigeführt. Wie die Adern den Körper so durchziehen schiffbare Flüsse den Erdteil nach allen Richtungen. Das leichte Dahineilen auf diesen Wasserstrassen musste eine vielfache Berührung der europäischen Volksstämme unter einander und damit einen grossartigen Ideenaustausch und in Folge davon eine rasche Kulturentwicklung herbeiführen. Doch der kühne Schiffer Europas blieb nicht an den heimischen Gestaden hängen, sondern es zog ihn hinaus auf den ungeheuren Ocean, und er hat die Weltherrschaft errungen nicht durch die eisernen Waffen allein, sondern zumeist durch die Kraft des Geistes, der diese Waffen zu führen versteht.

c) Die Erdoberfläche im Allgemeinen.

Die örtliche Beschaffenheit des Bodens, ob er eben oder Gebirgsland ist, hat auf die Ausbreitung der Wärme einen sehr grossen Einfluss.

Breitet sich das ebene Land so tief aus, dass es sich nur wenig über den Meeresspiegel erhebt, so ist es eine Tiefebene. Solche Tiefländer sind die norddeutsche, die russische, die Tiefebene des Rheins, die Niederlande, die Sahara. Erhebt sich aber eine weite Ebene in grosser Ausdehnung auf einem Gebirgsrücken, so ist es eine Hochebene z. B. Iran, die Hochebene von München, die spanische Hochebene. Zerklüftetes Land heisst ein Gebirgsland.

Europa ist mit Ausnahme des nordöstlichen Theiles meistens Gebirgsland; Asien hat wesentlich Hoch- und Tiefebene; Afrika sieht wie ein tafelförmig abfallendes Plateau aus mit dem Tieflande der Sahara im Norden und hat nirgends gespaltene Küsten; Amerika wird von einem mächtigen Gebirge durchzogen, an welches sich Hochebenen und Tiefländer anschliessen.

d) Die Gebirge.

Die Bildung der Erdteile bietet namentlich in Bezug auf die Gebirgsformation grosse Verschiedenheiten dar. In der alten Welt laufen die Gebirgszüge nahezu mit dem Aequator parallel. Diese

Configuration der Gebirge hat auf die Verteilung der Wärme einen ganz entscheidenden Einfluss; denn weder die kalten Nordwinde noch die heissen Südwinde können sich zu weit ausbreiten, wodurch die Extreme vermieden, die wohlthätige Verschiedenheit der Klimate bedingt und das Leben der Bewohner in den verschiedensten Abstufungen in hohem Grade entwickelt ist. In Amerika dagegen laufen die Gebirge nahezu mit dem Meridian parallel, daher die Atmosphäre bei ihrer Ausbreitung kein Hinderniss findet; im Winter strömt die kalte, im Sommer die warme Luft ungehindert über die Lande hin und veranlasst die oft auffallenden Temperaturunterschiede eines Ortes.

Die Gebirge fallen auf der Südwestseite oder dem Meere zu in der Regel steil ab, während auf der Nordseite sich Hochebenen mit sanfter Abdachung anschliessen; so ist es z. B. bei den Alpen, bei den Pyrenäen, bei den Gebirgen in Schweden. Die Gebirge von Venezuela dagegen dachen nach Süden ab, und ebenso macht der Harz und der Kaukasus eine Ausnahme. Um diese Abdachung zu erklären meint Ritter, muss man auf das Gestein, aus denen die Gebirgskämme bestehen, Rücksicht nehmen, ob dieselben dem Urgebirge oder der secundären Periode angehören. Der Kaukasus und die Gebirge von Venezuela sind zweifellos jüngeren Ursprungs und durch vulkanische Kräfte einseitig gehoben und schichtenweise über einander geschoben.

Alle Kosmologen seit Humboldt hat die Frage beschäftigt, wie es wohl gekommen ist, dass in der alten Welt die Gebirge fast ausnahmslos eine Richtung haben, nahezu dem Aequator parallel, während in Amerika deren Richtung dem Meridian parallel ist. Humboldt und nach ihm Bouffon glaubten, man könne allgemein sagen, dass die Gebirge der Erde 48° — 52° gegen die Erdachse und den Meridian geneigt seien; doch nahm Humboldt diese Ansicht später wieder vollständig zurück. In neuerer Zeit hat Weiss die Hypothese aufgestellt, dass die Gebirge durchaus bei ihrer Entstehung dem Aequator parallel gerichtet waren, dass man aber auch einen älteren und jüngeren Aequator, also auch ein älteres und jüngeres Gebirge unterscheiden müsse; die älteren Gebirge laufen unserm jetzigen Meridian parallel, während die jüngern Gebirgsketten dem Aequator folgten; allerdings eine Ansicht, welche direkt gegen die Grundsätze der Mechanik und gegen alle Beobachtungen der Astronomie gerichtet ist. Vorläufig ist es wohl noch zu schwierig, eine richtige Antwort zu geben, und wird sich wahrscheinlich eine solche nur ableiten lassen, wenn es der Geologie gelingt, einen näheren Zusammenhang der Reihenvulkane zu entdecken und die hiedurch bedingten Abdachungen der über einander geschobenen Schichten zu erkennen.

e) die kleineren Teile des Festlandes.

Dem Laufe der Gebirge gemäss ist auch die Ausdehnung des Festlandes in der alten und neuen Welt verschieden; in der alten Welt geht die grösste Ausdehnung von Ost nach West, in Amerika dagegen von Nord nach Süd. Gegen Westen und Südwesten fällt aber überall das Land steil ab. Buch, der zuerst auf diese Formen des Reliefs aufmerksam gemacht, führt weiter aus, wie auf der Süd- und Westseite die Erdteile in der Regel eine oder mehrere grosse Einbuchtungen besitzen oder das Gebirg in zahllosen scheerenförmigen Baien ausgewaschen ist. Diese Buchten und Baien sind wohl durch einen ganz gewaltigen Meeresstrom (Diluvium) gebildet worden, durch den die ganze Erde in der Richtung von Südwest nach Nordost überflutet wurde. Durch die Wucht dieses Stromes wurden die lockeren Teile der Gebirge und alles lösliche Land in nordöstlicher Richtung fortgeschwemmt und jenseits der Gebirgskämme als Schlamm und Gerölle abgelagert, wodurch die auf den Nordseiten der Gebirge sich ausbreitenden Hochebenen und Hochthäler sich erklären. Es ist sicherlich nicht zu bezweifeln, dass diese Ueberflutung durch das Meer durch vulkanische Kräfte veranlasst worden ist dadurch, dass diese den Meeresboden einseitig gehoben und so die Wassermassen in südnördlicher Richtung hingedrängt haben.

Im Westen und Südwesten der Continente sind keine Inseln gelagert, und wo solche sich vorfinden, sind sie lediglich vulkanischen Ursprungs. Andererseits bemerkt man, dass auf der Nordost- und Ostseite der Erdteile entweder eine grosse oder viele kleine Inseln sich finden. Diese reiche Inselwelt, wie wir sie in Nord- und Südamerika, in Europa und Asien vor uns sehen, scheint beim ersten Anblick in Gestalt und Reihenfolge planlos hingeworfen zu sein. Buch aber hat folgende Unterschiede angegeben: 1) Festlandsinseln; diese sind länger als breit und laufen mit den Gebirgen des Festlandes parallel z. B. die griechischen, japanischen, die Sundainseln und die Antillen. 2) Erhebungs- oder pelasgische Inseln; diese Inseln zeigen keinen Zusammenhang mit dem nahen Festlande und haben rings an den Ufern steile Erhebungen, die sich gegen die Mitte der Insel hin abdachen. Der Art sind die kanarischen Inseln, St. Thomas, St. Helena. Der ganzen Formation nach ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Inseln in der Urzeit thätige Vulkane waren, die nun schon seit undenklichen Zeiten erloschen sind; wir haben in diesen Inseln ausgebrannte Krater vor uns, die sich über das Meer erheben. 3) Koralleninseln haben keine bedeutende Tiefe, und ihre Oberfläche ist den pelasgischen Inseln ähnlich. Wie es scheint, ist die Unterlage pelasgisch, und

darauf haben die Polypen ihre Bauten weitergeführt. Zur Zeit scheint in den Bauten dieser Tierchen Stillstand eingetreten zu sein; denn ungefähr seit einem Jahrhundert haben die Korallenriffe, auf denen der grösste Teil Polynesiens ruht, kaum um 20 ctm zugenommen. Solche Korallenriffe finden sich auch in den nördlichen Meeren, was zweifellos anzeigt, dass einstmals im hohen Norden in Folge der innern Erdwärme eine viel höhere Temperatur geherrscht hat; denn die Korallentierchen können nur bei einer Temperatur von mindestens 16° R leben.

f) der Meeresboden.

Die Gebirge des Festlandes finden ihre Fortsetzung in dem Meeresboden, und man hat überall gefunden, dass flache, niedrige Küsten einen seichten Meeresgrund anzeigen, während gebirgige Ausläufer jäh in bedeutende Tiefen des Meeres abfallen. Der Meeresboden ist zwar nicht überall durchsucht, aber doch kennt man die Tiefe der Ostsee, die höchstens 100 m — 250 m beträgt, an den preussischen Küsten aber kaum auf 60 m steigt. Namentlich ist der atlantische Ozean wegen der Kabellegung zwischen Europa und Amerika so ziemlich an allen Stellen untersucht, und es wurden da Tiefen zwischen 1000—2000 Faden à $1\frac{3}{4}$ m gemessen, die tiefste Stelle aber im Meerbusen von Guinea zu 3870 Faden gefunden. Es zeigte sich, dass von Irland an Island und Grönland vorüber ein submariner Gebirgsrücken in ungefähr 200 m Tiefe nach Amerika zieht. Dort breitet sich in geringer Tiefe eine Hochebene unter dem Meeresspiegel, die Bank von Newfoundland, aus, deren Areal etwa das von Deutschland ist. In der Mitte des atlantischen Ozeans hebt sich der Meeresgrund wieder, und in einer Tiefe von 80—100 m breitet sich die sogenannte Fucusbank oder das Sargassomeer zwischen dem 17° — 38° n. Br. und 30° — 61° w. L. aus, reich mit Seetang (*sargassum natans*) bedeckt. Laplace, der bei Bestimmung der Flutwellen auch die Tiefe des Meeres in den Kreis seiner Betrachtungen aufnahm und dieselbe aus der Schnelligkeit der Wellen zu bestimmen suchte, gibt die mittlere Tiefe des Meeres zu nicht ganz 2 Meilen an.

8. Abschnitt.

§ 1.

Verbreitung der Wärme in senkrechter Richtung.

Die Experimentalphysik stellt über die Wärme folgende Gesetze auf:

- 1) Die Wärmecapacitäten der Körper sind verschieden;
- 2) Wärmestrahlen, die von selbstleuchtenden Körpern ausgehen, durchdringen diathermane Körper z. B. Luft, Wasser sehr leicht; dagegen sind dieselben Körper für Wärmestrahlen, die von dunklen Körpern ausgehen, fast atherman d. h. sie absorbiren die Wärme fast gänzlich;
- 3) alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnt, die gasartigen zumeist, minder die flüssigen, am wenigsten die festen;
- 4) gewisse Körper ändern bei verschiedenen Temperaturen ihre Aggregatsform.

In Bezug auf die Wärme im Freien gilt die vorläufig unerklärte Thatsache, dass die Luft solche Wärmestrahlen, die von selbstleuchtenden Körpern ausgehen, also die Sonnenwärme sehr leicht durchlässt, die Wärme dagegen, die der dunkle Erdkörper ausstrahlt, fast gänzlich absorbirt. Weil aber die Luft nicht vollständig diatherman ist, so wird immerhin einige Wärme der Sonne verschluckt; der Absorptionscoefficient ist, wie oben angegeben ist, zu 0,4 gefunden, so dass also der grössere Teil zur Erde gelangt. Da also die Luft für dunkle Wärmestrahlen fast atherman ist, so muss sich die Wärme an der Erdoberfläche ausbreiten, ferner wird an Punkten, die im Verhältniss zu ihrer Oberfläche wenig Wärme ausstrahlen, eine tiefere Temperatur zu erwarten sein. Dazu kommt noch, dass auf hohen Bergen die Luft dünner ist als in den tief gelegenen Thälern, und dünnere Luft eine viel grössere Wärmecapazität besitzt als dichtere. Diess zusammen genommen ergibt, dass auf den Kuppen der Berge eine viel tiefere Temperatur herrschen muss als in den Thälern oder gleich hoch gelegenen Ebenen. Es wird also in den oberen Luftregionen, je weiter man sich von der Erdoberfläche entfernt, eine Abnahme der Temperatur zu erwarten sein. Diese Voraussetzung haben die Luftfahrten, welche am 24. August 1804 Gay-Lussac und Biot und am 16. September 1804 Gay-Lussac allein unternommen hat, um in bedeutenden Höhen Untersuchungen über Elektrizität und Temperatur der Luft anzustellen, vollauf bestätigt. Gay-Lussac stieg bis zu einer Höhe von 7000 m. Das Thermometer,

welches an der Erdoberfläche 30° gezeigt, sank in jener Höhe bis -40° . In neuerer Zeit unternahmen Barral und Bixio eine Luftfahrt wissenschaftlicher Zwecke halber am 27. Juli 1850. Von 2000 bis 6000 m segelten sie durch eine dichte Nebelschichte, wo das Thermometer -10° zeigte; von 6000 m an aber kamen sie in wolkenlose Luft, wo das Thermometer rasch bis -23° sank, bis es bei einer Höhe von ungefähr 7000 m auf -40° herab ging. Nach den Ergebnissen von Gay-Lussac muss man 170 m senkrecht in der Luft aufsteigen, um das Thermometer um 1° sinken zu sehen. Humboldt fand in den Aequatorialgegenden diese Höhenstufe zu 173 m, im Kaukasus zu etwa 150 m. Saussure hat zuerst darauf hingewiesen, dass diese Höhe mit den Jahreszeiten wechselt; er fand nämlich in der Schweiz im Sommer 156 m und im Winter 184 m als Höhenstufe. Kämtz hat für jeden Monat durch Versuche die Höhenstufe bestimmt und gefunden, dass im Januar in 326 m, im März in 222 m, im Juni in 98 m, im Oktober in 186 m Höhe das Thermometer um 1° sinkt. Ein besonders lebendiges Bild der Abnahme der Wärme nach oben bietet die Vegetation an den Abhängen hoher Gebirge. An den Anden und namentlich am Pic von Teneriffa sieht man die Klimate aller Zonen vertreten. Am Fusse breiten sich die Haine der Palmen und Bananen aus, bis in 400 m Höhe die Region der europäischen Kultur beginnt, die in 800 m Höhe durch Laubholzwaldungen begrenzt ist; bei 1300 m beginnen die Nadelhölzer und von 1900 m bis 3400 m bedecken noch verkümmerte Kräuter den Lavaboden. In den Alpen steigt die Kastanie auf der Südseite bis 800 m, dann folgt die Buche bis 1500 m, das Nadelholz bis 2100 m und in 3300 m verschwinden die Pflanzen. —

Besonders deutlich zeigt sich die erwärmende Wirkung der Hochebenen auf der Nordseite des Himalaya, wo man im Pinuthale westlich vom Sutludschstrome in einer Höhe von 4500 m noch Getreidefelder antrifft, also in einer Höhe, welche die mit ewigem Schnee bedeckten Gipfel der Schweizer Alpen überragt und nur wenige Meter unter dem Gipfel des Montblanc liegt. Auch in den Hochebenen von Quito und Peru wohnt noch eine zahlreiche Ackerbau treibende Bevölkerung in einer Höhe, die den höchsten Schneegipfeln des Bernerobersandes gleich liegt.

§ 2.

Die Schneegrenze.

Endlich kommt eine Höhe, oberhalb welcher der Schnee nie mehr abschmilzt, die Region des ewigen Schnees. Diese Grenze ist in den verschiedenen Gebirgen verschieden, und sie kann nach den Angaben über Wärmeausstrahlung selbst auf den verschiedenen Seiten des nämlichen Gebirges nicht in gleicher Höhe liegen, sondern

wird veränderlich sein, je nachdem sich Hochebenen oder Tiefländer anreihen, oder grosse Wassermassen in der Nähe sich ausbreiten, hängt also nicht allein von der geographischen Breite ab. Sie reicht im hohen Norden unter 80° Breite bis ans Meer herab, hebt sich in Lappland auf ungefähr 900 m und steigt in den Tropen in ferne Höhen empor.

Eine Zusammenstellung einiger Punkte der Erde zeigt deutlich den Gang der Schneegrenze vom Pol gegen die Tropen hin:

Nordcap	900 m	Höhe der Schneegrenze
Schweden im Innern	1060 m	" " "
Karpathen	2600 m	" " "
Alpen	2660 m	" " "
Pyrenäen	2700 m	" " "
Altaigebirge	1900 m	" " "
Himalaya Nordabhang	5000 m	" " "
Himalaya Südabhang	3800 m	" " "
Cordilleren, Mexiko	4600 m	" " "
Cordilleren, Peru	5200 m	" " "
Kilima Ndscharo	5200 m	" " "
Neuseeland	2200 m	" " "
Feuerland u. Patagonien	1100 m	" " "

Der oft auffallende Unterschied in diesen Zahlen erklärt sich durch die örtliche Beschaffenheit. Wenn in der Nähe der Gebirge grosse Wassermassen sich ausbreiten, so rückt die Schneegrenze weiter herab, da das Wasser von allen Körpern die grösste Wärmecapacität besitzt, also im Sommer sich nur langsam erwärmt, dagegen im Winter ebenso langsam abkühlt. Seeklima hat kühle Sommer und milde Winter. Im Norden des Himalaya wird die anstossende Hochebene bedeutend erwärmt, die warme Luft streicht an die Gebirge hin und rückt die Schneegrenze weit nach oben, während auf der Südseite der Einfluss des indischen Meeres sich geltend macht.

In den Tropen behält die Schneegrenze das ganze Jahr über fast die gleiche Höhe; sie schwankt dort nach Humboldt höchstens um 26 m. Desto mehr wechselt sie in der gemässigten Zone. Obige Zahlen bezeichnen die Höhe der Schneegrenze als Mittelzahl für einen normalen Sommer; im Winter zieht sich ja diese Grenze über ganz Europa hinab und endet erst auf der Nordküste von Afrika, bis die warmen Strahlen der Frühlingssonne die ausgebreitete Schneedecke wieder schmelzen.

§ 2.

Lawinen. Gletscher.

An die Schneegrenze knüpfen sich die beiden Erscheinungen: die Lawinen und die Gletscher.

Die Lawinen sind Winter- oder StaUBLawinen, welche dann entstehen, wenn die trockene Schneemasse sich auf ihrer Unterlage nicht mehr halten kann, sondern in Folge übermässigen Schneefalles in die Tiefe gleitet. Diese Lawinen sind gefahrlos, da sie nur dichten Schneefall bilden, der sich weit genug ausbreitet, leicht niederfällt und durch seinen Druck höchstens eine stärkere Bewegung in der Atmosphäre veranlasst. Gefährlich und verwüstend treten die Lawinen auf, wenn im Frühjahr der Schnee bei Thauwetter sich leicht zusammenballt, und eine ungeheure Schneemasse mit gewaltiger Wucht und Geschwindigkeit in das Thal niederrollt, Alles, was im Wege steht, Bäume, Hütten ins sichere Verderben schleudernd.

An der Grenze des ewigen Schnees befindet sich körniges Eis, welches sich aus dem Schnee bildet, wenn er zu thauen anfängt, der sogenannte Firnschnee. Das ist der Anfang zur Gletscherbildung. Solche können sich nur dann bilden, wenn sich an die Schneegrenze Gebirgsthäler, Mulden, anreihen, in denen der Schnee, wenn er bei Tage geschmolzen oder zu Firnschnee aufgethaut ist, in diesem breiartigen Zustande sich sammeln kann. Saussure nannte solchen Schnee Gletscherteiche oder Gletschersümpfe. Bei Nacht sinkt die Temperatur und der Schnee gefriert wieder zu Eis. Die Eisbildung fordert aber einen grösseren Raum, und so muss es endlich kommen, dass das Gletschereis bei einem Muldeneinschnitt heraus treten wird, um sich auszubreiten. Das austretende Gletschereis ist der Gletscherstrom. Reiht sich an den Austritt eines solchen Gletscherstromes unmittelbar ein Abgrund an, so stürzen von Zeit zu Zeit Eisblöcke in den Abgrund nieder, die Gletscherlawinen, wie man zum z. B. im Berner Oberland auf der Wengeralpe, im Chamounythal am Montblanc sehen kann. Trifft aber der Gletscherstrom ein sanft abdachendes Thal, so schreitet er langsam aber mit messbarer Geschwindigkeit fort. Agassiz hat die Geschwindigkeit solcher Gletscherströme beobachtet und gefunden, dass das Vorrücken derselben im Winter am langsamsten, im Frühjahr und Sommer dagegen rascher vor sich gehe, und ferner dass das Gletschereis in der Mitte des Stromes sich schneller als an den Seiten, wo die Unebenheiten des Bodens Bewegungshindernisse entgegenstellen, vorwärts bewege. Die mittlere Geschwindigkeit einiger Alpengletscher

ergab sich im Jahre zu ungefähr 100 m, am Unteraargletscher zu 50—80 m, einige Gletscher des Montblanc haben eine jährliche Geschwindigkeit von nahezu 300 m.

Auch die Mächtigkeit solcher Gletscherströme hat Agassiz untersucht und dieselbe bei manchen Gletschern am oberen Ende zu mehr als 300 m, dagegen am untern Ende, das bereits in Gegenden mit etwas höherer mittlerer Jahrestemperatur eintritt, zu kaum 50 m gefunden. Am untern Ende, das bereits unter die Schneegrenze herab sinkt, schmelzen eben die Gletscher reichlich ab. So sind der Rhein und die Rhone bei ihrem Ursprung nichts anderes als solche Gletscherbäche. In warmen Jahren zieht sich deshalb der Gletscher etwas aufwärts vor der Wärme zurück, in kühlen tritt er weiter gegen das Thal vor, bleibt aber im Ganzen in der gleichen Höhe stehen.

Die meist convexe Oberfläche des Stromes rührt davon her, dass das Eis an den Ufern mehr abschmilzt, da die Seitenwände der Gebirge immerhin einige Wärme ausstrahlen. Durch diese Ausstrahlung der Bodenwärme von unten her an den Gletscher erklärt es sich auch, dass die Gletscherbäche nicht bloss im Sommer bei der höheren Temperatur, sondern auch im Winter bei strenger Kälte wenn auch etwas spärlicher fließen, wodurch der Grund fortwährend nass und schlüpfrig und so für das Fortgleiten des Eisstromes geeignet erhalten wird. Die vielen Spalten und oft bedeutenden Klüfte im Gletschereis stammen von den Unebenheiten und den oft jähren Abfällen des Bodens, über welche der Strom hinweg geht.

Dass der Gletscher von oben nach unten fortgleitet, das zeigen die Felsblöcke, die er auf seinem Rücken mit sich fortträgt. Die meteorischen Wasser sickern nämlich im Sommer in die Ritzen der Felsen ein und gefrieren im Winter; gefrierendes Wasser aber dehnt sich aus, da das Eis $\frac{1}{11}$ mehr Raum als Wasser fordert. Diese Ausdehnung geschieht mit unwiderstehlicher Gewalt, so dass selbst Felsen gesprengt werden. Im Winter leimt das Eis die Felsstücke noch an den Gebirgsstock; allein im Frühjahr schmilzt das kittende Eis, und die Blöcke stürzen in die Thäler nieder. Nach einiger Zeit findet man, dass der Felsblock weiter unten und dem Ufer näher liegt, wenn er anfänglich auf der Mitte des Gletschers gelegen. Der Aelpler sagt: der Gletscher wirft Alles ans Ufer aus. Wenn kleinere Steine und Erde auf dem Gletscher liegen, so werden diese durch die Sonnentralen mehr als das Eis erwärmt, wesshalb sie das Eis schmelzen und daselbst einsinken. Dickere Felsmassen hindern den Zutritt der Sonnenstrahlen zum Eise, wesshalb dieses rings herum abschmilzt, so

dass jene Körper wie auf Eistischen getragen erscheinen. Endlich schmilzt aber auch der Eistisch, je weiter er mit dem Gletscher thalab fortschreitet, unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen allmählig ab, worauf der Felsblock dem Ufer zurollt. So bewegen sich, da der Gletscherstrom Alles mit sich fortschiebt, an den beiden Ufern desselben zwei Steinreihen, Moränen genannt, bis zu der Stelle fort, wo der Gletscherstrom abschmilzt, und wo sich allmählig hohe Steinwälle anhäufen. Interessant ist es, wenn zwei Gletscherströme in einander münden, wie es beim Aargletscher und beim Stock- und Marcellgletscher im Ötzthale der Fall ist. Die beiden äusseren Seitenmoränen bewegen sich da an den Ufern fort, während die beiden mittleren sich zu einer Moräne vereinigen, die auf der Mitte des Stromes weiter getragen wird. Da der Gletscher mit dem fortgleitenden Eise auch viel Geröll und Erde weiterschiebt, so reibt sich an den Ufern das Gestein sehr bedeutend ab, wodurch die Schliffflächen des Gletschers entstehen.

Die Möglichkeit zu ausgedehnter Gletscherbildung ist nur da gegeben, wo grosser Temperaturwechsel statt hat, also die Schneegrenze sehr schwankt, daher sind die Alpen die eigentliche Heimath der Gletscher. Geht man weiter nach Norden oder Süden, so werden die Temperaturen immer constanter, wesshalb auch die Schneegrenze fast das ganze Jahr über in gleicher Höhe bleibt. So kommt es, dass in den Pyrenäen, im Kaukasus, im Himalaya nur sehr geringe, in den mittleren Anden gar keine Gletscherbildung vorhanden ist, da bei den ersteren Gebirgen die Nähe des Meeres während des ganzen Jahres eine fast gleich bleibende Temperatur zur Folge hat, auf der Nordseite des Himalaya aber die Niederschläge zu unbedeutend sind, und in den Anden nach Humboldt die Schneegrenze höchstens um 30 m schwankt. Ebenso ist es in Norwegen, wo im höchsten Norden die Gletscher bis ans Meer herab reichen und ihre Eismassen in die Fluten werfen; im Innern von Schweden reichen die Eisfelder bis 260 m Höhe herab. In den Alpen dagegen bedecken die Gletscher des Montblanc allein beinahe 20 Quadratmeilen, und der Grindelwaldgletscher im Berner Oberland besitzt eine Mächtigkeit, dass er bis unter 1000 m Höhe herab in eine Region hinein reicht, die bereits 5° R mittlere Jahrestemperatur hat.

Im Jura findet man eine Eigenthümlichkeit in Bezug auf Gletscher; es befinden sich nämlich Gletscherwälle, Moränen und Schliffflächen, 10—12 Meilen von den heutigen Gletschern entfernt; also hat sich der Gletscher um ebensoviel zurück gezogen. Agassiz und andere glaubten deshalb, dass die Erde früher eine viel tiefere Temperatur besessen habe und jetzt sich allmählig erwärme, indem vom Aequator aus die Wärme nach Norden und Süden sich aus-

breite. Eine andere wahrscheinlichere Hypothese hierüber ist folgende: Die Alpen waren einst in vorgeschichtlicher Zeit durch die vulkanischen Kräfte höher empor gehoben gewesen und haben durch ihre Schwere niederzusinken angefangen, da die feurig flüssige Masse im Innern diesem gewaltigen Drucke ausweicht, wie ja das Steigen und Sinken der Erdrinde in einigen Gegenden auch heute deutlich wahrgenommen wird. Zudem ist durch die geologischen Forschungen bestätigt, dass die ganze norddeutsche Tiefebene bis Russland einst Meeresboden war, der jetzt über den Meeresspiegel gehoben ist; ebenso war einst die Wüste Sahara, eine Fläche von ungefähr 90000 Quadratmeilen, unter Wasser, sendet aber jetzt unter der Glut der afrikanischen Sonne erhitzt warme Luftströmungen herüber nach Europa. Ausser dieser Luftheizung durch die Sahara hat Europa auch eine Wasserheizung durch den Golfstrom Amerika's der die warmen Wasser des mexikanischen Meerbusens an die europäische Küsten führt. Gesetzt aber auch ein Sinken der Bergeskuppen würde nicht angenommen, so musste ja schon die Trockenlegung der Sahara und der norddeutschen und russischen Tiefebene eine durchgreifende Aenderung in den Wärmeverhältnissen Europa's zur Folge haben. Da die aus dem Meere aufgestiegenen weiten Flächen Landes sich bedeutend mehr als früher das Wasser sich erwärmte, so musste die warme Luft von unten her an die Gebirgstöcke hinstreichen und die Gletscher aufwärts zurück drängen.

Auch in Venezuela, wo zur Zeit gar keine Gletscher sind, wurden Schliffflächen wahrgenommen; allein bei genauer Untersuchung derselben hat sich ergeben, dass diese nicht von Gletschern, sondern vom Wellenschlage des Meeres herrühren, so dass diese als Beweise dafür gelten, dass Venezuela erst in später Zeit durch vulkanische Kräfte aus dem Meere empor gehoben worden ist.

Einen augenfälligen Beweis dafür, dass einst die ganze norddeutsche und ein Teil der russischen Tiefebene unter Wasser gelegen ist, geben die erratischen Blöcke Norddeutschlands, ungeheure Steinblöcke, die man oft mitten in der Ebene antrifft, obwohl ringsherum meilenweit kein Gebirg sich befindet. Als man diese Blöcke näher untersuchte, zeigte sich an ihnen die Granitbildung der schwedischen Gebirge. Anfangs glaubten einige Naturforscher, die ganze Ostsee sei einst zugefroren gewesen, und diese Steinmassen seien durch die Gletscher Schwedens nach Deutschland herübergeschoben worden, woraus Agassiz wiederum folgerte, dass die Temperatur der Erde im Zunehmen begriffen sei. Dagegen ist anzuführen, dass, so lange die norddeutsche und russische Tiefebene unter Wasser gelegen, die Gletscher Schwedens jedenfalls bis ans Meer sich ausgedehnt haben. Ihre Eismassen und die in dieselben eingefrorenen Blöcke stürzten ins Meer und trieben mit der

Strömung weiter, bis endlich das Eis schmolz und der Block zu Boden sank. Ein Analogon bieten heute noch die Gletscher der arktischen Zone, wo z. B. in Grönland die Gletscher überall, in Norwegen bereits unter 67° n. B. sich bis ans Meer erstrecken, und an der Westküste von Patagonien, wo sie schon unter 46° s. Br. am Meeresufer angetroffen werden. Die Eismassen dieser Gletscher stürzen ins Meer und tragen eingefrorene Erde und Felsstücke oft in weite Fernen. In den Jahren 1816 und 1817 kamen solche Eisberge sogar durch den Golfstrom hindurch bis in die Breite von Cuba (22° n. Br.). Verbindet man die erratischen Blöcke in Deutschland und Russland durch eine Linie, so erhält man beiläufig die Grenze, wie weit in der Urzeit die Ostsee sich erstreckt haben mag. Diese Linie läuft aber in Deutschland nahezu mit dem Parallelkreise, in Russland dagegen mit dem Meridian parallel.

§ 4.

Verbreitung der Wärme im Erdboden.

Die Wärmestrahlen, die die Erde treffen, verbreiten sich nicht bloss an der Oberfläche, sondern sie dringen auch in den Erdboden ein. Man kann nach Zammer keine geeignetere Vorstellung von dem Eindringen der Wärme in den Boden sich machen, als wenn man sich die periodische Zu- und Abnahme unter der Form von Wellen denkt, deren Vordringen in den Boden durch die Kraft der entgegen stehenden Hindernisse nach und nach erlischt. Da nach abwärts die Wärme durch Leitung sich verbreitet, so hängt natürlich der Fortgang der Wärme zunächst von dem Leitungsvermögen des Bodens ab, und in dieser Hinsicht hat Forbes gefunden, dass Sandstein am besten, dann sandiger Boden, Dolerit aber am schlechtesten die Wärme leitet. Diese dringt aber nur sehr langsam in den Boden ein und erlischt schon in geringer Tiefe. Die täglichen Schwankungen der Temperatur werden in 1 Meter Tiefe nicht mehr verspürt. In dem Keller des Observatoriums in Paris zeigt das Thermometer schon seit ungefähr 100 Jahren in einer Tiefe von 25 Meter die constante Temperatur von $11,8^{\circ}$. Quetelet fand, dass die Wärme, um in eine Tiefe von 8 m im trockenen Boden vorzudringen, ungefähr 6 Monate braucht, und beobachtete demgemäss in dieser Tiefe im Juni die tiefste, im Dezember aber die höchste Bodentemperatur. Lemmiger und nasser Boden ist für Wärmestrahlen ein schlechter Leiter, wesshalb ihre Wirkung schon in geringer Tiefe erlischt. Am langsamsten und schwierigsten dringen die Wärmewellen in den Boden ein, wenn dieser in bedeutende Tiefen gefroren ist wie z. B. in Nordsibirien, wo der Boden nur im Juli ungefähr 1 Meter tief aufthaut, sonst aber das ganze Jahr über gefroren ist.

9. Abschnitt.

Verbreitung der Wärme in horizontaler Richtung.

§ 1.

Mittelzahlen.

An demselben Punkte der Erde senkrecht aufwärts und abwärts ist die Wirkung der Wärme bald erloschen; die Höhen und Tiefen, wo eine den Organismen zuträgliche Temperatur herrscht, sind bald erreicht, da das organische Leben auf der Erdoberfläche sich über die Schneegrenze nicht erhebt. Desto vielfacher und ausgebreiteter sind die Variationen der Wärme in horizontaler Richtung. Doch wenn man hiebei an die Feststellung gewisser Normen gehen will, so macht diess die sprichwörtliche Veränderlichkeit der Atmosphäre fast unmöglich; und die Vorherbestimmung der Bewegungen der Atmosphäre und der Witterung ist als der jüngste Zweig der Naturwissenschaften noch nicht über die Periode der Beobachtung und des Sammelns hinausgekommen. Das Thermometer sagt in dieser Hinsicht sehr wenig und gibt nur die Gegenwart an, und das Barometer vermag nach seiner Konstruktion nur die Schwankungen des Druckes im Luftocan zu melden, ohne damit die Witterung zu bestimmen. Und doch schaut der Landmann sehnsuchtsvoll und forschend zum Himmel empor, um die rechte Zeit für seine Arbeiten abzuwarten und für seine Saaten ein günstiges Wetter zu erspähen. Um zu einem annähernd richtigen Maasse zu gelangen, müssen die Erscheinungen oft beobachtet und die Resultate genau verzeichnet werden. Und das Endresultat wird eine Mittelzahl sein, welche von den Verhältnissen eine Anschauung verschafft, die der Wahrheit um so mehr sich nähern wird, je mehr Beobachtungen gemacht sind. Da die Einwirkungen der Sonne auf die Atmosphäre periodisch wiederkehren, so müssen doch auch die Folgen dieser Einwirkungen periodisch sich ergeben, was allerdings einzelne kleine Abweichungen nicht ausschliesst. Diese Mittelzahlen werden demnach keine absolute Genauigkeit gewähren, aber doch als sichere Basis der Erfahrung ein anschauliches Bild geben. Wenn es also heisst, München hat eine mittlere Jahrestemperatur von $8,8^{\circ}$ C, so ist damit nicht gesagt, dass diese Zahl constant auftritt, allein die Abweichungen hievon werden, besonders wenn während längerer Zeiträume die Beobachtungen fortgesetzt werden, so gering sein, dass sie verschwinden.

§ 2.

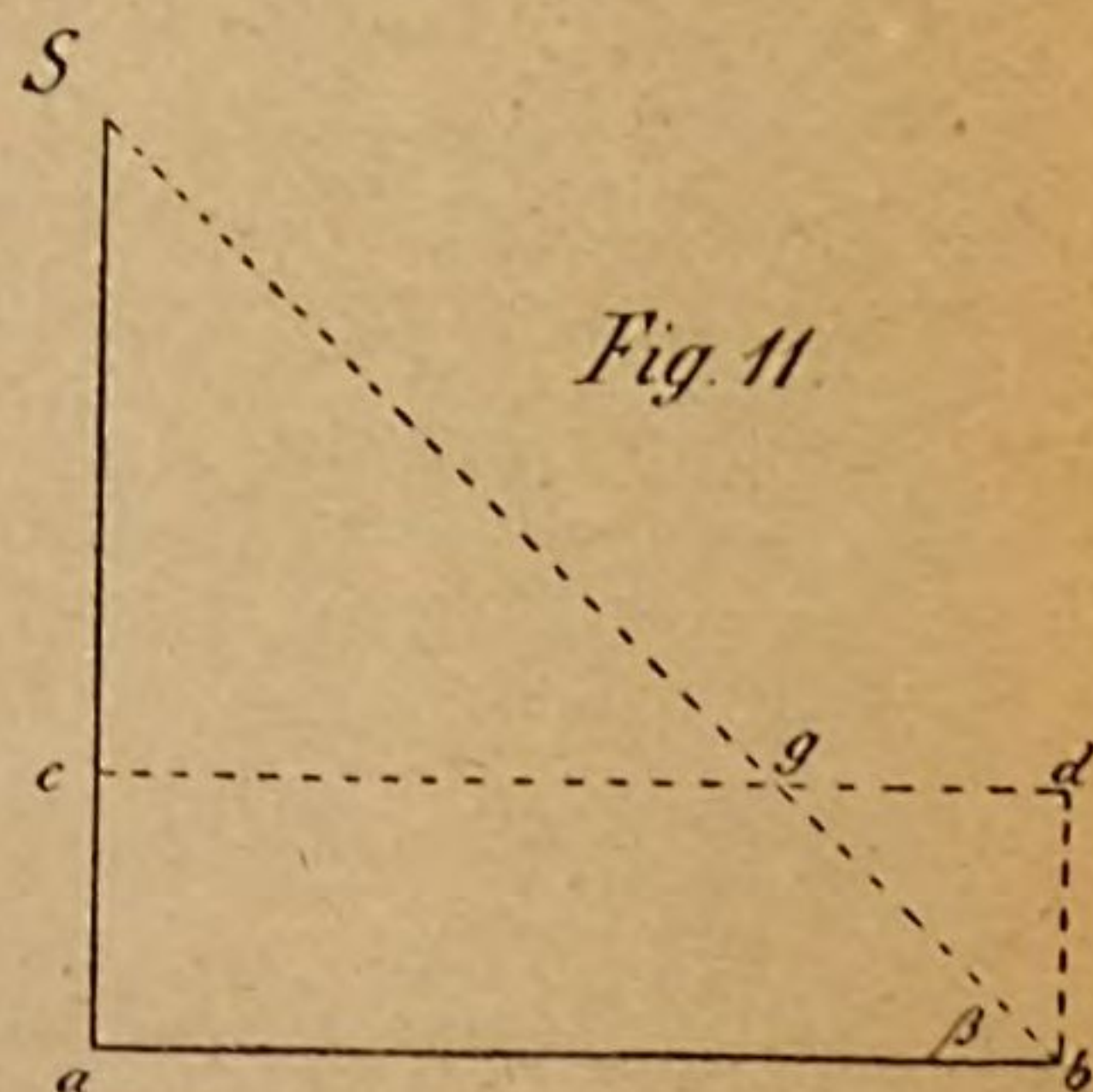
Die Isothermen.

Seitdem sich die innere Erdwärme auf ein so unbedeutendes Maass reducirt hat, dass ihre Wirkung auf der Oberfläche der Erde

in keiner Weise mehr verspürt wird, ist die Sonnenwärme für die Wärmeverhältnisse auf unserem Planeten die allein maassgebende Quelle, welche das animalische und vegetabilische Leben daselbst bestimmt. Um die Wirkung der Sonnenwärme an einem Orte zu ermitteln, müsste man das Thermometer stündlich beobachten und aus allen diesen Beobachtungen das arithmetische Mittel bestimmen, wodurch man die Mitteltemperatur eines Tages erhielte. Dies fortgesetzt ergäbe die Mitteltemperatur eines Monats und eines Jahres, eine in der That schon ziemlich mühsame Arbeit. Statt dessen beobachtet man auf den deutschen meteorologischen Stationen mit genügender Genauigkeit um 7 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends und liest mittelst des Thermometrographen die höchsten und tiefsten Temperaturen zwischen diesen Zeitpunkten ab. Um so die mittlere Temperatur eines Ortes festzustellen, ist es notwendig, die Beobachtungen durch einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren fortzusetzen, da es bekannt ist, dass die Wärme hinsichtlich ihrer Intensität Schwankungen erfährt. Bekannt ist ja, dass auf die merkbar hohe Temperatur des Zeitraumes von 1828—1834 eine ziemlich kühle Periode von 1835—1839 gefolgt ist.

In Bezug auf die Verteilung der Wärme kann man zwar im Allgemeinen sagen, dass mit der Entfernung vom Aequator die Wärme abnimmt; allein es ist auch bereits gezeigt, dass mit der Erhebung über dem Meere die Wärme ebenfalls abnimmt; lokale Beschaffenheiten machen ihren Einfluss geltend, so dass zu erwarten ist, dass die Mitteltemperaturen sich sehr verschieden ergeben werden.

In Bezug auf den ersten Punkt stellt die Wärmelehre es ausser Zweifel fest, dass die Wärme in einer Wellenbewegung besteht, welche von den Schwingungen des Lichtes nur quantitativ verschieden, und die also wie die des Lichtes den Gesetzen der Wellenbewegung unterworfen ist. Nimmt man an, dass am Aequator bei der Höhe der Atmosphäre von ungefähr 10 Meilen die Wärme gleich 1 sei, so ändert sich die Intensität der Sonnenwärme für die übrigen Orte der Erde mit dem Sinus des Einfallswinkels. Es sei in S die Sonne, in a der Aequator der Erde und ac die Höhe der Atmosphäre, b ein Ort in einer Breite und $bd = ac$, so ist β der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen im Orte b . Neuburg liegt unter $48^\circ 45'$ n. Br., folglich ist zur Zeit der Aequinoctien $\beta = 48^\circ 45'$ und $\sin \beta = 0,75184$, und da zu dieser Zeit bei uns wie am Aequator die Sonne 12 Stunden über dem Horizonte sich befindet, so erhalten wir $0,75184$



Wärmeeinheiten des Aequators von der Sonne zugesendet. Zur Zeit des kürzesten Tages scheint für Neuburg die Sonne 8 Stunden bei einem Einfallswinkel $\beta = 90^\circ - (48^\circ 45' + 23^\circ 30') = 17^\circ 45'$ und $\sin \beta = 0,30486$, daher erhalten wir im Winter, da am Aequator die Sonne 12 Stunden leuchtet, $\frac{8}{12} \cdot 0,30486 = 0,20324$ Wärmemengen. Zur Zeit des höchsten Standes der Sonne fallen die Sonnenstrahlen unter $\beta = 90^\circ - (48^\circ 45' - 23^\circ 30') = 64^\circ 45'$ ein und $\sin \beta = 0,90445$; im Juni ist für obige Breite die Sonne 16 Stunden, am Aequator nur 12 Stunden über dem Horizonte; daher erhalten wir an heiteren Sommertagen $\frac{16}{12} \cdot 0,90445 = 1,20592$ Wärmeeinheiten des Aequators, also mehr als die Tropen.

Diess würde in der That auch so erfolgen, wenn nicht noch andere Umstände vorhanden wären, welche die Hitze wesentlich zu mildern im Stande sind. Der Weg bg , den die Sonnenstrahlen in unserer Breite durch die Atmosphäre nehmen müssen, ist $ac: \sin \beta$ also viel grösser als ac ; demnach wird während dieses grösseren Weges auch eine grosse Menge Wärme von der Luft absorbirt werden. Dazu kommt noch, dass die Wirkung der Wärme mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Am Aequator fallen die Sonnenstrahlen zur Zeit der Aequinoctien unter einem Winkel $\beta = 90^\circ$ ein, und es ist $\sin 90^\circ = 1$ d. h. es kommt die volle Wirkung der Sonnenwärme zur Geltung, und in ihrer grössten nördlichen oder südlichen Abweichung von $23\frac{1}{2}^\circ$ unter einem Winkel $\beta = 66\frac{1}{2}^\circ$ und $\sin 90^\circ: \sin 66\frac{1}{2}^\circ = 1:0,91706$. Der Weg bg der Sonnenstrahlen ist im ersten Fall $bg = \frac{ac}{\sin \beta} = \frac{10}{\sin 90^\circ} = 10$ Meilen, im zweiten Fall $bg = \frac{10}{\sin 66\frac{1}{2}^\circ} = \frac{10}{0,91706} = 10,9$ Meilen. — In der geographischen Breite von $48^\circ 45'$ nördlich steht im Sommer die Sonne $48^\circ 45' - 23^\circ 30' = 25^\circ 15'$ vom Zenith ab, im Winter dagegen $48^\circ 45' + 23^\circ 30' = 72^\circ 15'$. Im Sommer fallen also die Sonnenstrahlen unter $64^\circ 45'$ und im Winter unter $17^\circ 45'$ auf. $\sin 64^\circ 45': \sin 17^\circ 45' = 0,90445:0,30486$; es beträgt daher der Weg derselben im Sommer $\frac{10}{0,90445} = 11,05$ Meilen, im Winter $\frac{10}{0,30486} = 36,08$ Meilen. Unter dem Polarkreis beträgt der Weg 13,67 Meilen im Sommer und 570 Meilen im Winter. Es muss sich daher in den höheren Breitengraden wegen der sehr verschiedenen wärmenden Kraft der Sonne eine ausserordentliche Temperaturverschiedenheit geltend machen.

Eine zweite Ursache, die in hohem Grade bestimmend auf die Temperatur eines Ortes einwirkt, liegt darin, ob in der Nähe ausgedehnte Land- oder Wasserflächen sich befinden. Die Wärmecapacitäten der Körper sind sehr verschieden, das Wasser aber hat unter allen Körpern die grösste Wärmecapazität. Im Sommer wird wegen dieser Eigenschaft das Land durch die Sonnenstrahlen schnell zu hohen Temperaturen erwärmt, strahlt eben desshalb die Wärme in grosser Menge wieder aus und erwärmt so in bedeutendem Grade die darüber befindliche Luft, welche für die Wärmestrahlen, die vom dunklen Erdkörper kommen, beinahe vollständig atherman ist. Im Winter dauert die rasche Ausstrahlung einer Landfläche fort; allein da die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen sehr vermindert ist, so übertrifft die Ausstrahlung den Empfang von Wärme oder eine Landfläche kühlt im Winter schnell und bedeutend ab. Anders verhält es sich beim Wasser. Eine Wasserfläche erwärmt sich im Sommer nur sehr langsam und gibt wegen ihrer glatten Oberfläche sehr wenig Wärme an die darüber befindliche Luft ab, wesshalb selbst an heissen Sommertagen die Luft über einer Wasserfläche stets eine angenehme Kühle bewahrt. Das Wasser ist ferner ein Körper, der sehr leicht verdunstet. Dadurch wird Wärme latent, die offenbar der Luft entzogen wird. Im Winter kühlt das Wasser nur sehr langsam ab, teilt also der darüber befindlichen Luft fortwährend Wärme mit. Wenn die Wasserdünste, die der Wind über das Land hinführt, daselbst eine tiefere Temperatur antreffen, so condensiren sie und fallen als Regen nieder, wodurch die latente Wärme wieder frei wird. Der Unterschied zwischen Land- und Seeklima ist also der, dass das erstere während eines Jahres grosse Temperaturunterschiede aufweist, das letztere aber alle Extreme von Wärme und Kälte vermeidet und nur unbedeutende Unterschiede zeigt. Das Landklima kennt heisse Sommer und strenge Winter, das Seeklima aber ist durch kühle Sommer und milde Winter ausgezeichnet. Jakuzk in Sibirien hat im Januar -43° und im Juli $+20^{\circ}$ Mitteltemperatur; ebenso beträgt für Astrachan die mittlere Temperatur im Januar -16° und im Juli $+18^{\circ}$. Die Wirkung der grossen Ländermassen tritt an beiden Orten ganz mächtig hervor. Dagegen hat Plymouth am Kanal im Januar $+7^{\circ}$ und im Juli $+17^{\circ}$ mittlere Monatstemperatur. Die Wassermassen des atlantischen Oceans halten hier die Temperatur des Sommers und Winters fast in der gleichen Höhe. In Irland überwintert zwar die Myrthe im Freien, erhält aber wegen der geringen Sommerwärme keine Blüthen.

Ein dritter Grund ist bereits erörtert, nämlich mit der Erhebung eines Ortes über das Meeresniveau ist eine Abnahme der Wärme verbunden, weil die dünnere Luft auf höher gelegenen

Punkten eine grössere Wärmecapacität besitzt als dichtere, und höher gelegene Ebenen verhältnissmässig isolirter sind also weniger Wärme ausstrahlen als ausgedehnte Ebenen in der Tiefe. Nach diesen Erläuterungen folgen die Mitteltemperaturen einiger Oerter

1) in der heissen Zone.

		Wintertemp.	Sommertemp.	Jahrestemp.
Massaua	15° 36' n. Br.	26,5°	29,2°	28,7°
Ambala	30° 25' "	13,4°	31,7°	24,3°
Pondichery	11° 56' "	27,2°	34,3°	31°

2) in der kalten Zone.

		Wintertemp.	Sommertemp.	Jahrestemp.
Insel Melville	74° 47' n. Br.	—33,3°	2,8°	—17°
Boothia felix	69° 59' "	—33°	3°	—16°
Karische Pforte	70° 37' "	—13°	2,5°	—9,5°

3) Seeklima.

		Wintertemp.	Sommertemp.	Jahrestemp.
Sitka	57° n. Br.	1,4°	15°	7,5°
Reikiavig	64° 8' "	—1,6°	12°	4°
Singapore	1° 17' "	26,2°	27,6°	27,0°

4) Landklima.

		Wintertemp.	Sommertemp.	Jahrestemp.
Berlin	52° 30' n. Br.	—0,5°	18°	9°
München	48° 44' "	—1,4°	18,5°	8,8°
Moskau	55° 45' "	—9,3°	17,8°	4,5°
Peking	39° 54' "	—3°	27°	12,5°

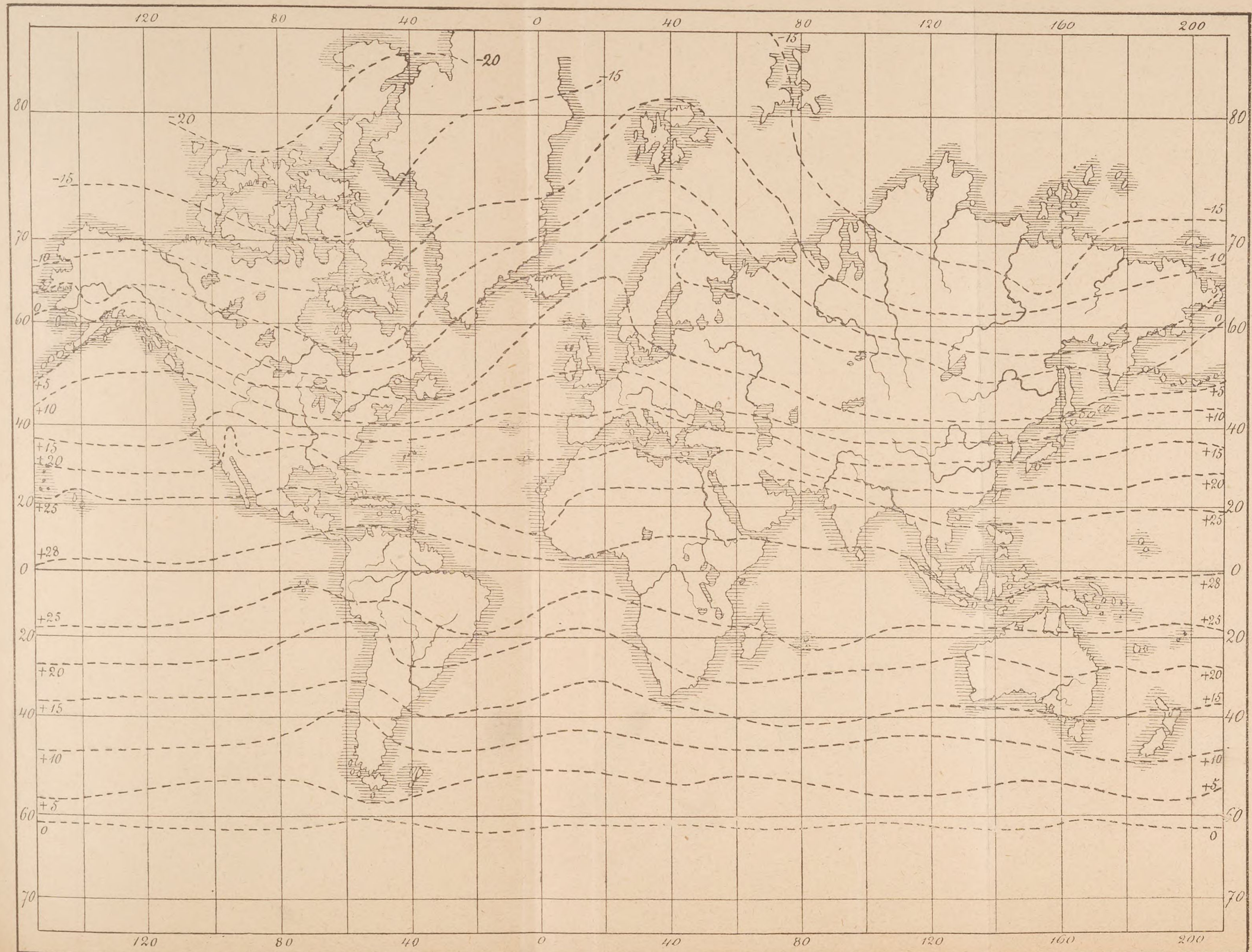
Humboldt war der erste, der 1817 der Naturwissenschaft ein neues fruchtbares Feld zur weiteren Bearbeitung eröffnet hatte, indem er die Oerter, welche gleiche mittlere Temperatur besitzen, durch Linien verband und so die erste Isothermenkarte construirte. Humboldt verband zunächst nur die Oerter Amerika's am atlantischen Ocean und die in Europa und Afrika an diesem Meere und verlängerte sie so weit ins Innere dieser Continente, als er die Temperatur daselbst kannte. Da beobachtete man, wie die Isothermen in Europa hoch nach Norden hinauf steigen; man fand, dass New-York, welches mit Neapel in gleicher Breite liegt, einen Winter hat, der dem von Kopenhagen gleicht, und dass Bäume, die zu Neapel Mitte Januar in Blüthe stehen, dort vor Mitte Mai nicht zu blühen anfangen. Es ergab sich durch den Vergleich die That- sache, dass die Ostküsten des atlantischen Oceans eine viel höhere Temperatur haben als die Westküsten. Um diese auffallende Er- scheinung nach bestimmten Grundsätzen erklären zu können, wurden

seit jener Zeit die Temperaturen auch an den übrigen Meeresküsten beobachtet, und man hat allgemein bestätigt gefunden, dass die Ostküsten der Meere eine wärmere Temperatur besitzen, als diese den Westküsten eigen ist. Diese Erscheinung wird zur Genüge durch die Meeresströmungen erklärt, welche das vom Aequator ablaufende Wasser in höhere Breiten führen, während in der Tiefe die kalten Gewässer der Polargegenden nachfliessen und Ersatz geben. Die vom Aequator abrollenden Gewässer besitzen die Rotationsgeschwindigkeit des Aequators, eilen also in höheren Breiten der Geschwindigkeit dieser Punkte voraus, d. h. sie beugen nach Osten ab und bespülen mit ihren wärmeren Temperaturen die Ostküsten der Meere.

Bald darauf wurden an allen bekannten Punkten der Erde die Mitteltemperaturen bestimmt und namentlich durch Dove gesammelt. Dove construirte nun Isothermenkarten für die mittlere Jahrestemperatur der bekannten Erdoberfläche, so dass das von allen Seiten gesammelte Material erst durch Dove's schaffende Kraft geordnet wurde, um ein deutliches Bild von der Verteilung der Wärme während eines Jahres zu geben. Diese Isothermen sind sämtlich so gezogen, dass alle Oerter auf den Meeresspiegel reducirt sind. Nun ist aber Thatsache, dass das Thermometer in einer Höhe von 170 m um 1° sinkt und ebenso, wenn man um 2° also um 2×15 Meilen sich vom Aequator am Meere entfernt.

So sehr auch die Jahresisothermen ein anschauliches Bild von der Verteilung der Wärme im Allgemeinen während eines Jahres geben und viele Fragen in Bezug auf die klimatischen Verhältnisse eines Ortes und besonders auf die Pflanzengeographie zu beantworten im Stande sind, so wenig können sie eben wegen ihrer Allgemeinheit Aufschluss über den successiven Verlauf der Wärmeänderungen eines Ortes geben. Um hier Deutlichkeit zu schaffen, hat Dove für jeden Monat des Jahres, und besonders für die Monate Januar und Juli die Isothermen gezeichnet. Erst hieraus sieht man, wie das zerklüftete von allen Seiten und bis tief in sein Inneres vom Wasser umspülte Europa vor allen andern Erdteilen von den Isothermen begünstigt ist. Die Isotherme 0° liegt im Nordwesten von Nordamerika unter dem 61° n. Br. und sinkt im Innern bis zu 50° n. Br. und die Südküste von Labrador herab; im atlantischen Ozean hebt sie sich bis zum Cap Farewell in Grönland und die Nordküste von Island; in Europa steigt sie bis 72° also 2° nördlich vom Nordkap und senkt sich jäh bis Tornea und Archangel; in Asien zieht sie an 50° durch die Mongolei, Mandschurei und den Süden von Kamtschatka. Die Monatsisotherme 0° im Januar zieht an den Aleuten und an der Westküste Nordamerika's herab und durch den Continent bei 36° ; im atlantischen Ozean steigt sie bis an die

Karte der Jahres-Isothermen.



Südküste von Island und 69° n. Br.; sie senkt sich an die Südwestküste von Norwegen, zieht durch Deutschland an das schwarze Meer und unter 35° durch Asien.

Wie anders gestaltet sich das Isothermenbild für Europa im Juli! Seit Januar sind über Deutschland zwanzig und über das Nordkap zehn Isothermen mit ihrer Wärme hingezogen und haben das Antlitz der Erde erneuert. In Asien und Amerika steigt die Isotherme von $+5^{\circ}$ in Breiten, die im Januar unter der Isotherme -30° erstarrt waren.

An den Isothermen Europa's ist die Wirkung des Golfstromes unverkennbar. Dieser Meeresstrom bricht zwischen Florida und den Bahamainseln aus dem mexikanischen Busen hervor, fließt an der Ostküste von Nordamerika nördlich und wendet sich südlich von Newfoundland nach Osten. Wahrscheinlich durch submarine Gebirgszüge veranlasst teilt er sich im atlantischen Ozean; der Hauptstrom wendet sich nördlich zwischen Island und Norwegen hindurch und kann bis Spitzbergen und Novaja Semlia erkannt werden; der kleinere Teil wendet sich südwärts gegen die Azoren. Die Isothermencurven im Norden Europa's zeigen deutlich, wie die warmen Gewässer des Golfstromes, deren Temperatur selbst hier noch um ungefähr 6° die des umgebenden Meeres übertrifft, eine ausgiebige Wärmequelle für unsern Wohnort sind, deren Wirkung sich besonders im Winter zeigt.

Der Wärmeäquator oder die Isotherme der höchsten mittleren Jahrestemperatur von 28° läuft nicht genau mit dem geographischen Aequator parallel, sondern liegt meist in der nördlichen Halbkugel (er berührt Guyana, den Meerbusen von Guinea, den Tsadsee, Ceylon, Sumatra, die Nordküste von Neu-Guinea). Der Grund hievon ist leicht einzusehen. In der nördlichen Hemisphäre liegen die continentalen Ländermassen, die sich bedeutend erwärmen, also den Wärme-Aequator etwas nach Norden ziehen, während in der südlichen Hemisphäre die Wassermassen mit ihrer grossen Wärmecapazität sich geltend machen. Auf diese Weise sind die Mitteltemperaturen der beiden Halbkugeln bestimmt worden, die der nördlichen zu $15,5^{\circ}$ die der südlichen zu $13,6^{\circ}$ und als Mitteltemperatur der Erdoberfläche $14,6^{\circ}$. Die Mitteltemperatur der Nordhälfte ist im Januar $9,4^{\circ}$ und im Juli $21,6^{\circ}$; die Mitteltemperatur der Südhälfte ist im Januar $15,5^{\circ}$ und im Juli 12° , aus welchen Zahlen man sogleich wieder in der nördlichen Halbkugel die Wirkung der Continente, in der südlichen die des Wassers deutlich erkennt.

10. Abschnitt.

Wirkung der Wärme auf die Atmosphäre.

§ 1.

Die Atmosphäre.

Der feste Erdkern ist von einer gasigen Hülle umgeben, die wir Luft nennen. Diese ist nicht ein einfacher Körper, sondern ein Gemenge vorzüglich zweier Gasarten, nämlich des Stickstoffes und des Sauerstoffes, wozu noch kleine Mengen von Kohlensäure und Ammoniakgas treten. Der Prozentgehalt dieser Gase ist im Mittel folgender: 79,11% Stickstoffgas, 20,77% Sauerstoffgas und 0,11% Kohlensäure, wenn man von dem geringen Ammoniakgehalt absehen will. Diese Gase sind nach dem Gesetze der Diffusion in jeder Breite und Höhe im gleichen Verhältniss vorhanden; doch können örtliche Verhältnisse z. B. grosse Waldungen kleine Aenderungen dieser Prozentsätze veranlassen. Der Sauerstoff und der Stickstoff sind respirable Gase d. h. sie dienen den tierischen Organismen zum Athmen; die Kohlensäure ist ein irrespirables Gas d. h. sie wirkt auf die organischen Lungen lähmend und erstickend. Dagegen ist dieses Gas zum Pflanzenleben unbedingt notwendig, da sämtliche Pflanzen ihren Kohlengehalt grossenteils aus der Atmosphäre nehmen, indem sie die Kohlensäure unter Einwirkung von Licht und Wärme zersetzen, den Kohlenstoff in sich aufnehmen und so den reinen Sauerstoff der Luft zurück geben. Der Sauerstoff ist aber die eigentliche Lebensluft aller tierischen Organismen, indem er eingeathmet sich in den Lungen mit dem überflüssigen Kohlenstoff des Blutes zu Kohlensäure verbindet, wodurch die Verbrennung und dadurch die Reinigung des erst dunklen Blutes herbeigeführt und dieses selbst durch diesen chemischen Prozess gerötet und zum Leben tauglich gemacht wird. Durch das Athmen stossen die animalischen Organismen die Kohlensäure wieder aus. Und so dauert der grosse Kreislauf und die gegenseitige Lebensunterstützung zwischen den beiden Reichen des organischen Lebens vermittelt der Atmosphäre ungeschwächt fort, indem das eine Reich abgibt, was das andere zum Leben bedarf. Ausserdem schweben in der Luft zu allen Jahreszeiten und an allen Orten grössere oder geringere Mengen von Wasserdämpfen.

Was die Grenze der Atmosphäre betrifft, so glaubte man früher, die Atmosphäre verbreite sich im ganzen Weltraum; allein vermöge der Centrifugalkraft muss die Atmosphäre der Erde eine Grenze haben, und die Mechanik bestimmt 2000 Meilen als Maximum,

jenseits welcher Höhe die Atmosphäre durch die Schwungkraft in den Weltraum zerstreut würde. Andererseits erscheinen in einer Höhe von ungefähr 20 Meilen die Meteore durch die Reibung der Atmosphäre glühend gemacht, und es ist höchst wahrscheinlich, dass die Grenze der letzten Zahl nahe liegt. Wäre der Weltraum von Atmosphäre erfüllt, so müsste der Mond auch eine solche haben, was entschieden nicht der Fall ist. Wir sehen nur an Mars und Venus deutlich eine Atmosphäre; Jupiter und Saturn zeigen durch ihre Lichterscheinungen und Streifen eine Art Atmosphäre an.

§ 2.

Entstehung der Winde.

Die Sonnenwärme ist das Agens, das in diesen Luftocean Leben und Bewegung bringt; ohne Sonne würde die Luft stagnirend über der Erde liegen. Wenn durch die Wärme der Sonne die Luft an einer Stelle besonders erwärmt wird, so dehnt sie sich über dieser Stelle vorzugsweise aus, wird dadurch spezifisch leichter als die benachbarten Schichten und steigt über der erwärmten Stelle in die Höhe, bis sie in Gegenden kommt, die gleiches spezifisches Gewicht haben. Weil aber die aufgestiegene Luft in der Höhe eine tiefere Temperatur antrifft, desshalb abkühlt und wieder dichter wird, so bildet sich in der Höhe eine Luftschichte, die dichter ist, als dort die Gravitation es erlaubt; die Luft wird desshalb wegen der grösseren Schwere entweder wieder zu sinken anfangen oder oben nach allen Seiten abfliessen. Ueber der erwärmten Stelle aber hat sich an der Erdoberfläche der Luftdruck vermindert, und das barometrische Gleichgewicht gestört. Um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen strömt von den Punkten mit höherem Luftdrucke die dichter und weniger warme Luft nach der Stelle mit geringerem Drucke von allen Seiten zu. Die Grösse und die Richtung der Kraft, welche die Luft von einem Orte mit höherem Barometerstand nach einem mit niedrigerem hintreibt, ist durch den sogenannten barometrischen Gradienten ausgedrückt. Die Richtung des Gradienten an einem Orte steht zu einer gegebenen Zeit senkrecht auf der durch diesen Ort gehenden isobarometrischen Linie, oder die Luft an diesem Ort hat das Bestreben sich im rechten Winkel zur Isobare nach dem Ort mit niederem Luftdruck zu bewegen. Die Grösse des Gradienten wird ausgedrückt durch den Unterschied der Barometerstände zweier Orte, die in der Richtung des Gradienten um einen Meridiangrad = 15 geographischen Meilen entfernt liegen d. h. die Kraft, mit welcher die Luft sich bewegt, ist dem Unterschiede der Barometerstände proportional. Der Wind ist also um so kräftiger, je grösser der Gradient ist.

Nach diesem Gesetze erklären sich von selbst viele Erscheinungen in Bezug auf Windrichtung. Wenn dichte Wolken einen Teil des Horizontes bedecken, während ein anderer von der Sonne erwärmt ist, so strömt die Luft von der beschatteten nach der sonnigen Gegend. In Gebirgstälern gewahrt man, dass des Morgens die Luft aufwärts gegen die Berge und des Abends von den Bergen herab in die Thäler weht. An Landseen beobachtet man unter Tags das Wehen des Windes vom See nach dem Lande hin, zur Nachtzeit vom Lande dem See zu.

§ 3.

Die Passate. Der Calmengürtel.

In der heissen Zone steht die Sonne über jedem Orte zweimal im Jahre senkrecht, führt also diesen Gegenden der Erdoberfläche die grösste Wärmemenge zu. Der Ausdehnungscoefficient der Luft ist $\frac{1}{273}$; wird also die Luft um 40° erwärmt, so dehnt sie sich um $\frac{40}{273}$ ihres Volumens aus, wird leichter und steigt empor. In den oberen Regionen der Atmosphäre kühlt sie ab, und da in diesen höheren Luftschichten sich dadurch eine dichtere Luftsäule gebildet hat, als nach dem Gravitationsgesetze dort möglich ist, und diese Luftsäule wegen der fortwährend aufsteigenden Luft nicht wieder zurück sinken kann, so drückt dort die Luft nach allen Seiten und strömt oben nach den beiden Hemisphären ab. Andererseits sucht an der Erdoberfläche die kältere also dichtere Luft der benachbarten Gegenden das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, indem sie von allen Seiten an die Stellen, von denen die Luft aufgestiegen ist, zuströmt. Diese regelmässigen Luftströmungen heissen die Passatwinde, und zwar ist die oben vom Aequator nach den Polen abströmende Luft der obere Passat oder der Aequatorialstrom, ein feuchter, warmer Luftstrom, die unten an der Erdoberfläche von den Polen nach dem Aequator strömende Luft der untere Passat oder der Polarstrom, ein trockener, kalter Luftstrom. Hätte die Erde keine Achsendrehung, so müsste der obere Passat in der nördlichen Halbkugel als reiner Südwind und in der südlichen als reiner Nordwind auftreten; ebenso müsste der untere Passat beziehungsweise als reiner Nord- und Südwind sich gestalten. Da die Erde rotirt, so nimmt die Luft an dieser Rotationsgeschwindigkeit Anteil, und diese ist, wie früher gezeigt worden ist, am Aequator am grössten, nimmt gegen die Pole hin ab und ist an den Polen selbst gleich Null. Bewegt sich also die Luft von den Polen nach dem Aequator hin, so besitzt sie die langsamere

Geschwindigkeit der höheren Breiten, die sich erst allmählig vergrößert. Da die Rotation der Erde von West nach Ost geht, so leistet die Polarströmung von Osten her Widerstand und tritt demnach in der nördlichen Hemisphäre der Erde als Nordost- und in der südlichen als Südostwind auf. Andererseits hat der aufsteigende Aequatorialstrom die Geschwindigkeit des Aequators. Senkt sich dieser Strom in den höheren Breiten zur Erde, so eilt er der Rotation der Parallelkreise voraus und tritt in der nördlichen Halbkugel der Erde als Südwest- und in der südlichen als Nordwestwind auf. Die Region des Nordost-Passates liegt im Mittel zwischen 9° und 27° n. Br., jene des Südost-Passates zwischen 3° n. Br. und 25° s. Br. Die Grenzen der Passate verschieben sich etwas, wie sich der Stand der Sonne ändert, wesshalb der Nordost-Passat im Sommer bis nahezu 30° n. Br. herauf, dagegen im Winter bis 22° n. Br. sich zurück zieht. Descartes vertheidigte den Satz, es sei ein kosmisches Gesetz, dass die Atmosphäre dem Zuge der Sonne folge, wesshalb die Passate ihre nördliche Grenze dem Stande der Sonne entsprechend verschieben. Erst Hadley hat diese Winde richtig durch den aufsteigenden Aequatorialstrom und die Achsendrehung der Erde erklärt.

Da wo die beiden Passate zusammen treffen, sollte eigentlich reiner Ostpassat herrschen; allein diese beiden Windrichtungen stauen sich, und der in der Nähe des Wärmeäquators mächtig aufsteigende Luftstrom lenkt sie sehr bedeutend ab, so dass die Luftströmung nicht mehr merklich ist. Diess ist der Gürtel der Windstillen oder Calmen, welcher dem heissesten Erdstriche gemäss liegt und im Sommer 13° n. Br. und im Winter 5° n. Br. als nördliche Grenze berührt; denn so wie die Passate ziehen auch die Calmen der Sonne nach ihre Grenzen verschiebend, jedoch so, dass sie nie südlich vom geographischen Aequator treten. Während die Region der Passate für die Schiffer die bequemste Fahrt bietet, dass sie diesen Gürtel den Damengürtel nennen d. h. dass selbst eine Dame in diesen Gegenden des Meeres das Steuer führen könnte, ist im Calmengürtel wegen des mächtig aufsteigenden Luftstromes ein fortdauernder Kampf in der Atmosphäre und täglich ein gewaltiges Gewitter begleitet von strömenden Regengüssen.

Durch zahlreiche Beobachtungen ist das Vorhandensein der beiden Passatströmungen nachgewiesen. Im Sommer z. B. fallen die canarischen Inseln in die Passatregion. Am Fusse des Pic von Teneriffa weht also zu dieser Zeit der Nordostpassat; besteigt man aber den Pic, so findet man oben heftigen Südwestpassat. In den Calmen hat man zwar den oberen Passat direkt noch nicht erreicht, dafür aber haben die Vulkane Westindiens dessen Dasein gezeigt, da i. J. 1835 die Asche des Consiguina durch den oberen Passat dem Winde an der Oberfläche der Erde entgegen bis Jamaika und ungefähr 200 Meilen weit in die Südsee fortgetragen wurde.

§ 4.

Die Monsune.

Im atlantischen und stillen Ocean, deren Wassermassen sich beinahe von Pol zu Pol erstrecken, nehmen die Passate ihren regelmässigen Verlauf. Anders wird es bei denjenigen Meeren der Fall sein, in deren Nähe sich ungeheure Continente ausbreiten, wie es z. B. beim indischen und chinesischen Meere der Fall ist, wo durch den Einfluss der Ländermassen die Richtung der Passate unterbrochen wird. Der weite asiatische Continent und besonders die Gebiete südlich vom Kaukasus und Altai, wo sich überdiess noch die regenlose Fläche von Gobi ausdehnt, erwärmen sich im Sommer sehr bedeutend; denn in Ostindien herrscht zu dieser Zeit eine Temperatur, die hinter der der afrikanischen und arabischen Wüsten nicht zurück bleibt. Das barometrische Minimum, das die über dem Festlande aufsteigende erwärmte Luft, welche dadurch dünner und leichter geworden, veranlasst hat, wird durch die kühlere Luft, die über dem indischen Ocean liegt, ausgeglichen; im Sommer strömt die Luft vom Meere nach dem Festlande hin. Im Winter aber kühlt das Land sehr stark und viel schneller ab als die dasselbe bespülenden Meere. Die Luft über dem Festlande wird dichter und schwerer als die Schichten, die über dem Wasser lagern, daher im Winter die Luft vom Festlande nach dem Meere hinzieht. Diese Winde, Monsune genannt, sind also nichts anderes als kolossale See- und Landwinde. Sie wehen vom April bis Oktober vom indischen Meere nach dem asiatischen Festlande hin und vom Oktober bis April vom Continent dem Meere zu. Südlich vom indischen Archipel liegt Neuholland. Dieser Continent hat Sommer also den höchsten Grad der Sonnenwärme, wenn in Asien die niedrige Temperatur des Winters herrscht, und hat Winter, wenn im benachbarten Asien die hohe Sommertemperatur glüht. Dieser Continent wirkt nun der Art auf die Richtung der Monsune ein, dass im östlichen Gebiete des Archipels vom April bis Oktober (Winter in Australien) der Südostpassat und vom Oktober bis April (Sommer in Australien) der Nordwestpassat weht.

§ 5.

Dove's Drehungsgesetz.

Weniger regelmässig ist der Verlauf der Windrichtung in den höhern Breiten wegen der grossen Temperaturdifferenzen und für Europa wenigstens wegen der auffallenden Vermengung von Land- und Seeklima. Doch hat Dove, der in diesem Zweige der Meteorologie zuerst das waltende Gesetz erkannt hat, beobachtet, dass die

Winde in der Richtung der Windrose auf einander folgen, und er bemerkt ausdrücklich, dass in hundert Fällen der Wind nur dreimal zurück gesprungen ist, was sich wieder aus der Mischung von See- und Landklima in Bezug auf Europa leicht erklären lässt.

Dove's Drehungsgesetz ist folgendes: Wenn der Aequatorialstrom in die Höhe steigt, so überwindet er den Widerstand, den er bei seinem Abfliessen in die Hemisphären findet, am leichtesten über dem atlantischen und stillen Ocean, weil da die Temperaturen nach Norden und Süden hin am gleichmässigsten und langsamsten abnehmen. Er senkt sich also über diesen Gebieten bald, nachdem er über die Passatregion hinaus ist, und tritt als Südwind auf; in höhern Breiten aber z. B. in Deutschland wird er wegen seiner rascheren Geschwindigkeit als Südwest erkannt. Da der Aequatorialstrom grosse Mengen Wasserdämpfe mit sich führt, so erfüllt er jene Gegenden der Atmosphäre, wo diese Dämpfe wegen der kühleren Temperatur condensiren, mit Wolken, die den Zutritt der Sonnenwärme über dem von ihnen bedeckten Erdstriche hindern, was eine bedeutende Abkühlung zur Folge hat. Während aber über die westlichen und mittleren Länder Europa's der Aequatorialstrom hinweht, hat sich über Asien und Ost-Europa der Polarstrom ausgebreitet, der, weil er über weite Continente weht, wenig Wasserdünste führt, so dass das Land von den Sonnenstrahlen sehr erwärmt werden kann. Endlich hat die Abkühlung und die Dichte der Luft über Europa ein Maximum erreicht, der Südweststrom wird langsamer und strömt mit geringer Geschwindigkeit von den beschatteten nach den sonnigen Gegenden der Hemisphäre. Der matte Strom wird von dem einbrechenden Polarstrom gestaut, und beide Ströme vereinigen sich zum Weststrom, der bald in Nordwest übergeht. Der vordrängende Polarstrom setzt endlich die Luft über Europa in Bewegung, so dass der Wind nach Nord und bald nach Nordost übertritt. Der Aequatorialstrom ist dann als oberer Passat vorhanden. Der Nordost bringt heitere Tage, während welcher im Sommer das Land sehr erwärmt wird. Die erwärmte Luft steigt auch hier ziemlich hoch auf, bis sie endlich den oberen Passat erreicht, wodurch der Nordost- mit dem Südstrom verbunden eine rein östliche Richtung nimmt, aber bald wegen des allmählig sich senkenden Aequatorialstromes nach Südost und Süd übergeht.

Im Winter, wenn die Passate sich weit nach Süden zurück ziehen, herrschen in Europa entschieden die Südwestströme vor und bringen milde Witterung. Die kalten Polarströme ziehen dann über Amerika und Asien hin. Graben sich aber die Polarströme ihr Bett über Europa, so bringen sie heitere Tage und wegen der kalten Polarluft und der überwiegenden Ausstrahlung tiefe Temperaturen, die aber meist nicht von sehr langer Dauer sind, da, wie

Dove bemerkt, die Drehung der Winde nach der Windrose im Winter viel rascher als im Sommer erfolgt.

In der südlichen Erdhälfte herrschen vornehmlich die Nordwest- und Südostströme vor. Die Drehung geht dort ziemlich rasch über West, Südwest und Süd nach Südost, dann über Ost und Nord nach Nordwest.

Man kann zwar die Ursachen, nach denen eine Strömung die andere verdrängt, nicht bestimmt angeben — denn die Stätten, aus denen uns im gemässigten Klima die Luftströmungen zufließen, sind der asiatische Continent und die nördlichen Polargegenden ferner im Süden Afrika und der atlantische Ocean —, aber doch konnte Dove das Gesetz der Drehung bestimmen und im Mittel die Tage der einzelnen Richtungen angeben. Er fand, dass in Europa zwischen den Pyrenäen, Alpen und der Ostsee folgende Zahlen die Windrichtung während 1000 Tagen durchschnittlich angeben:

Nord	89 Tage	Süd	104 Tage
Nordost	112 „	Südwest	200 „
Ost	101 „	West	172 „
Südost	93 „	Nordwest	129 „

Aus diesen Zahlen geht deutlich genug hervor, dass über Europa meistens die Aequatorialströmung niedergeht; denn die beiden Strömungen verhalten sich wie 3:2. Fallen die Aequatorialströme im Winter ein, so gibt es einen milden Winter; in der Regel wiegen dann im Sommer die Polarströme über, oder auf einen milden Winter folgt meist auch ein warmer Sommer. Auf die Polarströmung im Winter folgt in der Regel die Aequatorialströmung im Sommer, oder ein kalter Winter bringt einen regnerischen, kühlen Sommer. Wenn im Frühjahr der asiatische Continent sich zu erwärmen beginnt und in Nordafrika die Hitze sich steigert, da entsteht über Europa fast jedes Jahr ein Kampf der beiden Windrichtungen, welche die Unbeständigkeit und den meist stürmischen Charakter des Monats April veranlassen.

In der ersten Hälfte des Mai gewöhnlich erfährt die Temperatur fast alljährlich eine bedeutende Erniedrigung, so dass oft noch Schneegestöber fällt. Pankraz, Servaz und Bonifaz sind als Eismänner den Gärtnern wohl bekannt. Ermann und Andere glaubten, diese Kälte im Mai sei kosmischen Ursprungs, indem sich eine kosmische Staubwolke zwischen Sonne und Erde stelle und die Sonnenwärme abhalte. In diesem Falle müsste nicht bloss Europa, sondern die ganze Erde eine Abnahme der Temperatur erfahren, was notorisch nicht der Fall ist. Thatsache aber ist Folgendes: Wenn die Frühlingssonne das Polareis schmelzt, stürzen die Eisberge in die See, treiben an den Küsten von Nordamerika und

Grönland mit der Meeresströmung nach Süden und gelangen in die Gewässer des Golfstromes, der für Europa eine so ergiebige Wärmequelle ist, sie kühlen also den Golfstrom sehr bedeutend ab. Ist das Frühjahr heiter, so kommen diese Eisberge schon Ende April oder Anfangs Mai in den Golfstrom; ist es dagegen regnerisch, so erreichen sie erst Mitte Mai diesen Meeresstrom, daher die Temperaturabnahme, die besonders im westlichen und mittleren Europa so sehr empfunden wird. Zu dieser Zeit hat aber die Frühlingssonne die Nordküste von Afrika und den Süden von Europa schon bedeutend erwärmt, wesshalb daselbst die warme Luft ziemlich heftig aufsteigt, während nördlich der Alpen noch die rauhe Jahreszeit vorherrscht. Zum Ausgleich strömen daher meist nordwestliche oder nördliche kalte Winde in Mitteleuropa, welche diese Fröste veranlassen.

Diese Maifröste werden von Günther in der Geophysik u. A. als Consequenz des Gesetzes von Buys-Ballot abgeleitet. Dieses Gesetz lautet: Die Luft strömt von der Gegend des höheren nach der des niederen Luftdruckes hin, wird aber dabei durch die Erdrotation auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt. Dazu tritt noch das Gesetz von Stevenson: Die Geschwindigkeit des Windes ist dem barometrischen Gradienten direkt proportional. Die Theorie folgert dann weiter: „Wenn im Frühjahr die Erwärmung Europas von Süden nach Norden fortschreitet, so muss sich in der Verteilung von Wärme und Luftdruck allmählig ein Umschwung ergeben, welcher dem Gegensatz zwischen Meer und Festland entspricht. Wo mithin das Land in seiner Massirung den ausgesprochenen continentalen Charakter trägt, da muss dieser Umschwung am kräftigsten vor sich gehen; und so sehen wir denn auch die Balkanhalbinsel mit dem angrenzenden Tieflande die ihr von der Theorie angewiesene Rolle durchführen. Die Balkanhalbinsel spielt nach Bezold die Rolle eines kleinen vorgeschobenen Continents, über der angrenzenden ungarischen Ebene entwickelt sich eine grosse positive thermische Anomalie mit niedrigem Barometerstande; zugleich schreitet im Westen Europa's ein Gebiet hohen Luftdruckes nach Norden vor; es wehen über Deutschland nach dem Gesetz von Buys-Ballot nördliche Winde, und diese haben den Kälterückfall im Gefolge. Alle diese Umstände wirken gerade vom 10. bis 15. Mai zusammen.“ Der schwache Punkt dieser Theorie ist allerdings der, dass gerade in diesen Tagen des Mai und nicht auch noch zu anderen Zeiten diese Umstände wirken sollen.

§ 6.

Der Föhn.

Der Föhn ist ein warmer trockner Wind, der früher als der Schweiz eigenthümlich galt, wo er über die Gipfel der Centralalpen herüber oft mit grosser Heftigkeit namentlich in die Thäler hinein

weht, die nach Norden hin sich öffnen, so dass er oft noch in Württemberg und Bayern wegen seiner besonderen Art deutlich erkannt wird. Aehnliche Luftbewegungen kennt man auf Erden mehrere; so ist der Solano in Andalusien mit dem Föhn dasselbe und in Transkaukasien, am südlichen Ufer des kaspischen Meeres, in Neuseeland, Südgeorgien und Grönland wurden dieselben Erscheinungen wahrgenommen, so dass solche Luftbewegungen aus einem allgemeinen Gesetze resultiren.

Nach der Ansicht des Schweizergeologen Escher ist durch vulkanische Kräfte die Nordküste Afrika's gehoben und das Meer zurück gedrängt worden, so dass an die Stelle des Wassers das Sandmeer der Sahara trat. Der aufsteigende heisse Wüstenwind trocknete die Luft, der ein guter Teil Feuchtigkeit entzogen wurde, und schob in Europa die Gletscher ziemlich weit aufwärts zurück. Hiernach wäre der Föhn nichts anderes als eine Fortsetzung des Scirocco in Italien oder gar des in der Sahara oft tobenden Samum.

Diese Theorie des Föhn wurde in neuester Zeit von Lamont, Wettstein u. A. widerlegt. Wenn sich nämlich über den westlichen Gegenden Europa's oder über dem Ozean ein Depressionscentrum bildet, so strömt von den angrenzenden Gegenden die Luft dahin ab, ändert aber, da dieses Centrum selbst wandert, fortwährend die Richtung. Naturgemäss wird von Südost oder Süd her Luft in das Land wieder hineinströmen. Diese Luft, die für die Schweiz vom Mittelmeer kommt, ist meist sehr feucht, gibt aber ihren Wassergehalt an die Südseite der Berge ab und erscheint nach Ueberschreitung des Gebirgskammes als der bekannte trockene Luftstrom. Während die Luft über die Alpenkette oben hinweht, werden die unteren Teile oberhalb der Thaleingänge in eine förmliche Brandung und durch die Berggipfel in Stauung gerathen. Dadurch muss die Thalluft zurückgedrängt und der einbrechende Luftstrom in die Schluchten der Berge hineingepresst werden. Comprimirte Luft aber erfährt nach physikalischen Gesetzen eine der Volumensverminderung proportionale Erwärmung.

§ 7.

Sturmbewegung der Luft.

Bei der bisherigen Aufzählung der Luftströmung sind eben so viele Grenzregionen angegeben worden, an denen Winde von ungleicher Temperatur über oder neben einander herstreichen. All diese Grenzen haben wegen der zahlreichen Schwankungen Gefahren im Gefolge, weil bei lokalen Störungen durch die Erwärmung die Luftmassen leicht über die Schranken hinaus stürzen und dadurch äusserst stürmische Bewegungen in der Atmosphäre veranlassen können.

Da die Luft rings um ein barometrisches Minimum nach diesem hinströmt, so muss sie einen Ausweg suchen, und sie findet ihn, indem sie sich über dem Orte des Minimums nach oben bewegt. Aus demselben Grunde muss die Luft über einem barometrischen Maximum von oben nach unten sich bewegen. Um ein barometrisches Maximum herum sind die Gradienten in der Regel weit geringer als um ein Minimum, so dass dort der Wind schwach abfließt, hier aber meist viel stärker zuströmt. Die meisten stärkeren Winde, namentlich alle Stürme, sind immer Teile wirbelnder Luftbewegung mit einem barometrischen Minimum als Mittelpunkt. Diese Wirbelbewegungen müssen auf der nördlichen Erdhälfte nach dem Buys-Ballot'schen Gesetze eine Drehung von rechts nach links haben. Auf der östlichen Seite strömen daher südliche und südwestliche Winde zu, welche, da sie aus wärmeren Gegenden kommen, Wärme folglich auch viel Wasserdampf mitbringen und vorzugsweise eine Neigung zum Aufsteigen befördern. Wenn sie aufsteigen, kühlen sie ab, die Wasserdämpfe verdichten sich zu Wolken, und die dabei frei werdende Wärme vergrößert noch die Tendenz des Aufsteigens. Auf der westlichen Seite dagegen strömen nördliche und nordöstliche Winde zu, welche aus kälteren Ländern kommen, also kalt, schwer und arm an Wasserdämpfen sind; diese steigen nicht auf, füllen vielmehr den durch das Aufsteigen der südlichen Winde entstandenen luftverdünnten Raum aus und bewirken in der Mehrzahl der Fälle die Verschiebung des Wirbelcentrums ostwärts. Aus der verschiedenen Beschaffenheit der im Wirbelcentrum zusammen treffenden Luftströme erklärt es sich auch, warum an einem Orte, welchem das Wirbelcentrum sich nähert, das Barometer fällt, die Temperatur steigt, der Himmel sich bewölkt und starker atmosphärischer Niederschlag eintritt, während, nachdem das Centrum über den Ort oder in seiner Nähe vorüber gegangen ist, das Barometer wieder steigt, die Temperatur sinkt, der Himmel sich aufheitert, und der atmosphärische Niederschlag abnimmt. Das Fortschreiten der Wirbelbewegung ist aber kein Fortschreiten der wirbelnden Luftschichten, sondern es werden von dem fortschreitenden Centrum immer wieder neue Schichten in den Wirbel hineingezogen.

Je rascher von einem barometrischen Minimum aus nach den Seiten hin der Barometerstand zunimmt, je grösser also der barometrische Gradient ist, desto heftiger wird der Wind auftreten. Wird der Gradient für den Meridiangrad 4,5 mm gross oder noch grösser, so wird der Wind zum Sturme. Ist der Gradient auf allen Seiten des Wirbelcentrums ein solcher Sturmgradient, so ist der Sturm ein Wirbelsturm oder Cyklon. Solche Cyklone sind in der heissen Zone keine seltene Erscheinung, und besonders sind

sie im chinesischen und japanischen Meere zu der Zeit, wenn die Monsune umschlagen, unter dem Namen Teifun oder Tyfon die Schrecken jener Gegenden. Der Durchmesser eines solchen Wirbelsturmes kann zwischen 10 und 100 Meilen schwanken. Die Gewalt solcher Cyklone ist eine Alles verheerende, welche alle Wirkungen eines Sturmes in unserm gemässigten Klima weit hinter sich lässt. Dazu kommt noch die Sturmflut oder die durch den ausserordentlich geringen Luftdruck veranlasste Erhebung des Meerwassers, welche für die Schiffe, die in ihren Bereich kommen, eben so verhängnissvoll ist wie für die Küsten, gegen welche sie geschleudert wird. Der aufsteigende feuchte und warme Luftstrom im Wirbelcentrum fördert eine sehr rasche Wolkenbildung und wolkenbruchartige Regengüsse. Das entsetzliche Geheul des Sturmwindes, krachende und stürzende Häuser, entwurzelte Bäume vervollständigen das schauerliche Bild der Zerstörung.

Nicht weniger gefährlich, wenn auch von geringerer Ausbreitung — der Durchmesser beträgt oft nur einige Kilometer oder wenige Meilen — sind die Tornados in Westindien. In dem Gürtel der Calmen geschieht es bei dem heftig aufsteigenden Luftstrom öfter, dass der Südostpassat durchschlägt und auf den Nordostpassat stösst. Die erhitzte Luft der Calmen weicht nach West aus, während der Nordostpassat auf der östlichen Seite zumeist Widerstand leistet. Dadurch geräth die Luft in wirbelnde Bewegung, welche Wirbel im untern Passat über Ost nach Nord und West, fortschreiten müssen. Da in dem Wirbeltrichter die Luft sehr verdünnt ist, indem bei der rasenden Drehungsgeschwindigkeit die Luft nach allen Richtungen hinaus geschleudert wird, so stürzt unten am Trichter die Luft von allen Seiten mit ungemessener Schnelligkeit zu, so dass Erde, Steine, Tiere, Menschen und Bäume oft in den wirbelnden Schlund des Verderbens gerissen werden. Die Unebenheiten am Boden halten das untere Ende einer solchen doppelkegelartigen Trombe etwas auf, wesshalb das obere Ende häufig voran eilt und durch das rasche Sinken des Barometers das Nahen des Sturmes angezeigt wird. Ueber dem Meere zieht eine solche Wassertrombe oder Wasserhose die Wolken der Luft und die Gewässer des Meeres in den wirbelnden Doppelkegel und eilt dann mit Alles verheerender Schnelligkeit dahin.

11. Abschnitt.

Die Hygrometeore.

§ 1.

Thau, Reif.

Die Physik der Wasserdämpfe stellt folgende Sätze auf:

1. Das Wasser verdampft bei jeder Temperatur sowohl im luftleeren als luftgefüllten Raum; hievon macht selbst das Eis keine Ausnahme. Der Wasserdampf oder Wasserdunst ist ein unsichtbares Gas, von welchem die Luft bei verschiedenen Temperaturen nur gewisse Mengen aufnehmen kann. Condensirtes Wassergas heisst Nebel.
2. Die Verdampfung wird nur durch Wärme veranlasst, und die zur Verdampfung verbrauchte Wärme heisst latente Wärme. Um Wasser von 100° in Dampf zu verwandeln ist $5\frac{2}{3}$ mal mehr Wärme nötig, als es von 0° bis 100° zu erwärmen.
3. Wenn das Wassergas in Gegenden kommt, die eine tiefere Temperatur haben als der Ort, wo es aufgestiegen ist, so condensirt ein Teil; kommt es aber in wärmere, so dehnt es sich aus.
4. Körper mit schwarzer, rauher oder vielzackiger Oberfläche strahlen mehr Wärme aus als solche mit weisser und glatter Aussenseite.

So lange während des Tages die Sonne am Himmel steht, wird besonders im Sommer die Oberfläche der Erde bedeutend erwärmt, wodurch das leicht flüchtige Wasser verdunstet und als Wassergas in der Atmosphäre sich ausbreitet. Bei Tage empfangen also die Körper mehr Wärme als sie ausstrahlen; die Temperatur nimmt zu. Wenn dann Abends die wärmende Sonne unter den Horizont hinab gesunken ist, die Wärmezufuhr also aufgehört hat, so strahlen die Körper auch während der Nacht bei heiterem Himmel Wärme in den Weltraum aus, ohne Ersatz zu erhalten; die Temperatur muss sinken. Wenn aber die Luft kühler wird, so wird sie dichter und schwerer und sinkt zu Boden, wenn windstille Nacht ist. Da das Wassergas der Luft bei höherer Temperatur sich gebildet hat, so kann die Luft nach der Abkühlung die ganze Menge dieses Gases nicht mehr fassen, wesshalb ein Teil ausscheiden und condensiren muss. Die Körper an der Erdoberfläche, welche wie die Gräser und Bäume ihre Spitzen über den Boden erheben, kühlen Nachts sehr bedeutend und zwar um so rascher ab, je ein geringeres Wärmequantum sie besessen haben. Die condensirten Dünste der Luft streichen an diese kühleren Körper und schlagen sich als Wasser

auf den Blättern der Gräser und Bäume, deren Temperatur bereits ziemlich weit unter dem Thaupunkte der Luft liegt, nieder. Der glitzernde Thau, der auf Blumen und Blättern die Strahlen der aufgehenden Morgensonne tausendfach herrlich widerspiegelt, ist also während der Nacht nicht vom Himmel herab gefallen, sondern auf der Erde durch Abkühlung der Luft und Pflanzen entstanden.

Dass die Thaubildung wirklich eine Condensation des atmosphärischen Wassergases sei, hat Wells gezeigt, indem er in heiteren Nächten einige Körper mit Decken überspannte und so die Ausstrahlung hinderte. Die also bedeckten Körper und Pflanzen waren des Morgens nicht bethaut, während die nebenan befindlichen vom Thau glänzten.

Die Thaubildung ist in zwei Fällen gehindert. Wenn Wolken den nächtlichen Himmel bedecken, so wird die Wärmeausstrahlung gehindert, die Abkühlung der Luft kann nicht so weit fortschreiten, dass sie den Thaupunkt erreichen würde. Ebenso fällt auch in windigen Nächten kein Thau, weil die abgekühlten Luftschichten nicht ruhig am Boden liegen, sondern der Wind wärmere und kühlere Schichten durcheinander mengt, so dass der Thaupunkt wieder nicht erreicht wird.

Wenn die Abkühlung der Luft und der Gegenstände auf der Erde so weit geht, dass ihre Temperatur unter den Gefrierpunkt des Wassers sinkt, dann setzt sich der Thau in feinen Krystallnadeln an die Körper als Reif an. Man kann leicht wahrnehmen, dass in windstillen Nächten der Reif auf der Seite der Gegenstände sich anlegt, die der strahlenden Erde abgewendet oder bei schwachem Winde dem Luftzuge ausgesetzt sind, weil da die geringste Wärme sich findet. Dieselbe Erscheinung zeigt sich im Winter an den Bäumen, wenn nach dem Westwind rasch der Nord einfällt, der den Reif auf der Nordseite an die Bäume heftet.

Je mehr die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, desto mehr wird in heiteren Nächten Thau niederfallen. In der Nähe grosser Wassermassen, also an Landseen, am Meere wird eine reichlichere Thaubildung erfolgen als in wasserarmen Binnenländern. All unsere Vorstellung aber übertrifft die Thaubildung in der tropischen Zone, wo während der heissen Tageszeit eine grosse Wassermenge verdampft und in den heiteren Nächten in Folge der energischen Ausstrahlung eine sehr reichliche Condensation der Dämpfe eintritt. Zamminer führt eine Aeusserung Ulloa's an, welcher erzählt, dass in Lima der Thau wie Regen die Kleider durchnässe, und dass man des Nachts bei völlig heiterem Himmel den Wald wie von Regengüssen triefen höre. In Ostindien schätzt man die Thaubildung jährlich

auf 290 mm, in Irland auf 180 mm, in England auf 150 mm in Deutschland auf ungefähr 65 mm. Aegypten und Hochasien erhalten ihre Vegetation lediglich durch den reichlichen Thau.

§ 2.

Nebel. Wolken.

Hat die Luft bei fortschreitender Abkühlung den Thaupunkt erreicht, so scheidet ein Teil des Wassergases als Nebel aus. Von der Nebelbildung können wir uns in vielen Fällen durch den Anblick überzeugen. Der ausströmende Dampf einer Locomotive ist condensirtes Wassergas. Ueber feuchten Wiesen, über Teichen, Bächen legt sich des Abends ein dichter Nebelschleier, welcher anzeigt, dass die aufsteigenden Dünste eine niedrigere Temperatur in der Luft antreffen, als jene des Wassers ist. Wenn auf den dunstreichen Westwind schnell Nord- oder Ostwind einfällt, so condensiren in der kalten Nordluft die Wasserdünste, und Nebel legt sich auf die Erde. In der Bai von Newfoundland lagern fortwährend dichte Nebel, da die warmen Dämpfe des Golfstromes in der heran streichenden kalten Polarluft condensiren.

Geschieht diese Ausscheidung von Wasserdampf in höheren Luftschichten, so nennen wir einen solchen Nebel eine Wolke. Dass die Wolken nichts anderes als Nebel in der Höhe sind, davon kann man sich überzeugen, wenn man auf hohe Berge steigt, deren Spitzen von Wolken umlagert sind. Auch kann man gar oft, besonders im Sommer die dichten Nebelschichten, welche des Morgens über der Erde liegen, wenn bei zunehmender Erwärmung des Bodens der warme Luftstrom aufzusteigen beginnt, mit diesem Strom aufsteigen und am Nachmittag als Wolken den Himmel bedecken sehen.

Nebel und Wolken sind also condensirtes Wassergas oder tropfbar flüssiges Wasser, das, obwohl Wasser 770 mal schwerer ist als Luft, frei in den Lüften schwebt. Saussure hat zuerst eine Erklärung hievon gegeben, indem er den Mittelzustand des Nebels zwischen Gas und tropfbarem Wasser mit dem Namen Nebelbläschen bezeichnete. Diese Nebelbläschen sind kleine Hohlkugeln von Wasser innen mit Luft gefüllt, welche nach Kämtz einen Durchmesser von 0,014 mm bis 0,035 mm haben. Im widerstehenden Medium der Luft sinken diese Bläschen sehr langsam, da die geringste Bewegung der Luft sie wieder weiter trägt. Zudem erhebt sich von der Erde bis in gewisse Höhe ein warmer Luftstrom, der immer wieder neues Wassergas zuführt. Hieraus erklärt sich von selbst die fortwährende Beweglichkeit und Veränderlichkeit der Wolkengebilde.

Howard hat zuerst bestimmte öfter wiederkehrende Formen der Wolkenbildung erkannt und namentlich unterschieden.

1) Die Federwolken (cirri), ein dünnes, schleierartiges Gewölk in bedeutender Höhe, welches gewöhnlich die Richtung von West nach Ost hat. Diese Wolken zeigen an, dass in den oberen Luftregionen der Aequatorialstrom in seiner ganzen Heftigkeit sich geltend gemacht hat und zu sinken anfängt. Die Bauern nennen diese Wolken deshalb auch mit Recht Windbäume. Nach einiger Zeit überzieht sich der Horizont gewöhnlich mit einer gleichartigen dichten Nebelschichte, und es entsteht

2) die Schichtwolke (stratus), horizontale Wolkenstreifen, die in der untergehenden Sonne oft in prächtigen Farben erglänzen; hieraus bildet sich bald

3) die Regenwolke (nimbus), die sich durch einen faserigen Rand und dunkelgraues Aussehen kennzeichnet.

4) Die Haufenwolke (cumulus) zeigt sich nur im Sommer, wenn die aufsteigende warme Luft die Wasserdämpfe in hohe Luftregionen empor trägt. Sie erscheint dann als hellglänzende Wolke am blauen Himmel.

Doch sind die Formen der Wolken nicht so scharf abgegrenzt. Denn wenn der Aequatorialstrom in den Höhen der Atmosphäre die Federwolken bildet, weht an der Erdoberfläche noch der Polarstrom. Drängt der letztere den niedersinkenden dampfreichen Aequatorialstrom zurück, so entsteht eine Stauung, und es bildet sich

5) die federige Haufenwolke (cirro-cumulus), gewöhnlich Schäfchen genannt. Türmt sich die Haufenwolke zu dicken Schichten mit blaugrauem Aussehen und zerrissenem Rande auf, so erscheint sie

6) als Gewitterwolke (cumulo-stratus).

In neuester Zeit hat Ley noch mehrere Unterscheidungen des Cirrus in Vorschlag gebracht, welche besonders in der Witterungskunde eine willkommene Scala bilden, nämlich cirrus oder Schweifwolke, cirro-filum oder Drahtwolke, cirro-velum oder Schleierwolke, cirro-nebula oder Federwolkennebel, cirro-granum oder Schäfchenwolke, cirro-pallium oder Federwolkenmantel.

Was die Höhe der Wolken über der Erde betrifft, so muss sie sehr verschieden sein. Die untere Grenze liegt jedenfalls da, wo die aufsteigenden Dünste unter den Thaupunkt abgekühlt werden. Die obere Grenze aber ist schwer zu bestimmen; da die Federwolken noch über die höchsten Bergspitzen hinziehen, so wechselt deren Höhe sicherlich zwischen 3000 und 8000 m. In dieser Höhe liegt aber die Temperatur schon weit unter 0°, so dass diese hohen Federwolken wahrscheinlich lauter feine Eisnadeln sind. Gay-

Lussac fand in einer Höhe von 7000 m bereits eine Temperatur von -39° und sagt ausdrücklich, dass sein Ballon durch Eispadeln segelte. Das übrige Gewölk zeigt sich meist in einer Höhe von 400—500 m, die Regenwolken sinken noch tiefer zur Erde herab. Da im Winter die Schneegrenze über ganz Europa sich ausdehnt, so sind die Wolken des Winters ohne Zweifel lauter sehr feine krystallinische Eispadeln. Treffen diese feinen Körperchen bei ihrem Sinken auf wärmere Luft, so werden sie feucht, kleben an einander und fallen entweder als Schneeflocken nieder, oder sie lösen sich unter der Schneegrenze in tropfbares Wasser auf.

Manchmal sieht man, dass bei sonst heiterem Himmel in kurzer Zeit sich bedeutende Wolkenmassen auftürmen, so dass die Frage nahe liegt, welches wohl der Grund dieser raschen Bildung ist. Hutton hat auf diese Frage zuerst die richtige Antwort gegeben. Eine Wolkenbildung ist immer nur dann möglich, wenn Luftschichten von verschiedener Temperatur sich treffen. Die Luft führt bei jeder Temperatur Wasserdampf und zwar in verschiedener Menge mit, weil der Sättigungspunkt bei verschiedenen Temperaturen sehr verschieden liegt. Bei niedrigen Temperaturen ist die Spannkraft der Dämpfe sehr gering also der Sättigungspunkt bald erreicht, während bei höheren Temperaturen die Spannkraft der Dämpfe rasch wächst und den Sättigungspunkt hinauf schiebt. Es ist also klar, dass im Sommer der Sättigungsgrad der Luft ein höherer ist, als im Winter. Mischt sich Luft von 10° , welche gesättigt 9,47 Einheiten Wasserdampf enthält, mit Luft von 16° , welche als Sättigungsmenge 13,63 Einheiten Dampf führt, so bringen diese Luftmassen 23,1 Einheit Wassergas zusammen. Die Mitteltemperatur von 13° kann aber gesättigt nur 22,75 Einheiten Wassergas fassen, also müssen 0,35 Cubikeinheiten Gas als Nebel ausscheiden. Mischen sich Schichten von 10° und 20° , so müssen bei der Mitteltemperatur von 15° 1,12 Cubikeinheiten Gas als Nebel ausscheiden.

Wasser verdampft zwar auf der ganzen Erdoberfläche und bei jeder Temperatur, zumeist muss aber doch die Dampfbildung an den Orten vor sich gehen, welche der intensiveren Sonnenwärme ausgesetzt sind, nämlich in den Tropen. Man hat beobachtet, dass in den Tropen jährlich im Mittel eine Wassersäule von 3,5 m verdampft. Da der tropische Gürtel 47.15 Meilen breit und ungefähr 5000

Meilen lang ist, so verdampfen dort jährlich $5000 \cdot 47 \cdot 15 \cdot \frac{3,5}{7420} = 1662$

Cubikmeilen Wasser. Rechnet man dazu noch die Verdunstung der nicht tropischen Gegenden, so kann man vielleicht 2000 Cubikmeilen als Verdunstungsergebnis auf der ganzen Erde setzen. Von den 1600 Cubikmeilen der Tropen fallen ungefähr $\frac{3}{4}$ daselbst wieder nieder und etwa $\frac{1}{4}$ fließt in die Hemisphären ab. Wenn,

wie die Physik nachweist, bei der Dampfbildung Wärme latent und diese latente Wärme bei der Condensation wieder frei wird, so kann man sich wohl eine Vorstellung machen, welch mächtigen Ausgleich der Temperaturverhältnisse das Wasser veranlasst. Und da in der südlichen Halbkugel die Wassermassen vorherrschen, also die Dampfbildung überwiegt, so ist es wiederum zumeist die nördliche, über deren weiten Ländermassen die Condensation eintritt.

§ 3.

Der Regen.

Die grossen Wolkenmassen, welche mit dem Südwest- und Westwind über Europa hinziehen, sind nichts anders als die Wasserdünste, welche in der heissen Zone aufgestiegen sind und mit dem Aequatorialstrom in die gemässigten Breiten abfliessen. Dort gelangen sie in kühlere Luftschichten und gehen in Nebelbläschen über, die immer schwerer werden und sich vergrössern, indem sie die Wasserdämpfe auf welche sie stossen, condensiren, bis endlich die Gravitation der Erde den Wassertropfen rasch anzieht. Was also auf den Höhen der Gebirge als Nebelbläschen oder Staubregeu erscheint, das tritt in den Niederungen als Regentropfen oder als Platzregen auf. Deshalb werden die Meeresküsten einerseits wegen ihrer tiefen Lage, andererseits weil in der feuchten Seeluft die Condensation der Dämpfe sehr energisch eintritt, eine grössere Menge Regen erhalten als die Binnenländer, weil, wenn der Aequatorialstrom über letztere hinstreicht, er bereits eine bedeutende Menge Dämpfe verloren hat. Westindien, die Küsten von Ostindien und China, ebenso die Ostküsten von Südamerika und Afrika haben desshalb ausserordentlich reiche Niederschläge. Diese sind namentlich sehr bedeutend, wenn in der Nähe der Küsten sich Gebirge erheben, weil diese die Luft stauen, wodurch die Dämpfe sich anhäufen und niederfallen. Folgende Zahlen, welche die jährliche Regenmenge einiger Orte in Millimeter angeben, zeigen deutlich, wie von der Küste gegen die Binnenländer die Niederschläge abnehmen. Von Irland mit 1400 mm über England mit 1000 mm, Holland 700 mm, Norddeutschland 500 mm nach Russland 400 mm bis Sibirien 280 mm wird der Regen immer seltener. Portugal westlich der Sierra Estrella hat 3100 mm, während das Gebiet des Tajo kaum 500 mm Regenmenge aufweist; ebenso hat Norwegen bei Bergen 2300 mm und Schweden 1100 mm Regenmenge.

Uebrigens sind es nicht die Gebirge allein, welche die atmosphärischen Wasserdämpfe verdichten, sondern ob viel oder wenig Regen über einer Gegend fällt, hängt grossenteils auch davon ab,

ob der Boden mit Wäldern bedeckt oder baumlos ist. Dass der Wald eine ganz besondere Wichtigkeit für die klimatischen Verhältnisse eines Ortes habe, war eine stets geltende Ansicht; allein ein auf wissenschaftliche Prinzipien gestütztes Handbuch der forstlichen Klimatologie hat erst in neuester Zeit Ebermayer in Aschaffenburg bekannt gegeben und dadurch ein für allemal die Bedeutung des Waldes für das Klima bestimmt. Hiernach erwärmt sich der Wald nur sehr langsam und gibt die aufgenommene Wärme ebenso langsam wieder ab. Dazu kommt noch, dass an den Blättern fortdauernd eine Verdunstung vor sich geht. Aus diesen Ursachen ist klar, dass bei Tage die Waldluft kühler als jene des freien Feldes sein muss, und ebenso dass bei Nacht der umgekehrte Fall stattfinden wird. Die Neigung zu Niederschlägen ist desshalb in einem Waldgebiete wegen der rascheren und bedeutenderen Condensation der Wasserdämpfe grösser als im freien Lande. Ebermayer führt hier durch, dass die Waldgebiete in der That in weit höherem Maasse vom Regen getroffen werden als baumlose Ebenen, ferner dass es besonders die höheren Lagen der Mittelgebirge sind, wo im Sommer der intensivere Regen und im Winter der gesteigerte Schneefall eintritt. Von diesen Niederschlägen dringt ein Teil in den Boden ein, erhält die Quellen des Bodens und das Pflanzenleben, ein Teil fliesst in die Bäche und Flüsse ab, und ein weiterer Teil verdunstet. Ebermayer stellt die Behauptung auf, dass ein mit Streu bedeckter Wald die Verdunstung um 84 $\frac{0}{100}$ vermindert.

Die klimatologische Bedeutung des Waldes skizzirt Günther in der Geophysik in folgenden Sätzen: 1) Durch den Wald werden die Extreme der Temperatur abgestumpft, ohne dass die mittlere Wärme eine Aenderung erlitte. 2) Die stets feuchtere Waldluft ist dadurch bedingt, dass der Wald zur Vermehrung und noch mehr zur Conservirung der Feuchtigkeit beiträgt. 3) Die Disposition zu Niederschlägen und mit ihr die Regenwahrscheinlichkeit wird durch den Wald erhöht. 4) Die Regenmenge wird vermehrt, freilich weit erheblicher im Waldgebirg als in der waldigen Ebene. 5) Die Verdunstungsgrösse wird durch die vereinte Wirkung von Wald und Streudecke auf einen äusserst geringen Betrag herabgebracht. 6) Die Streudecke setzt dem abfliessenden Wasser auch ein mechanisches Hinderniss entgegen. 7) Der Wald schützt und erhält den Quellenvorrath einer Gegend. 8) Das Grundwasser sättigt die oberen Erdschichten und speisst die Quellen. 9) Der Wald behütet vor der Abschwemmung fruchtbarer Erde und vor der Entstehung von Wildbächen. 10) Durch ausgedehnte Entwaldung machen sich die Extreme wieder schroffer fühlbar. 11) Entwaldung bringt Trockenheit der Luft und Sommerdürre mit sich. 12) Die Häufigkeit der Niederschläge nimmt besonders im Sommer mit der Waldausrodung ab.

13) Entwaldung verringert Bodenfeuchtigkeit und Quellenreichthum. 14) Grosse Streunutzung befördert rasche Verdunstung. 15) Gleichfalls wird durch sie und noch mehr durch übertriebene Holznutzung die Abschwemmung fruchtbaren Erdreiches befördert. 16) Auch der Wasserstand der Flüsse neigt bei fortschreitender Walddevastation excessiven Schwankungen zu.

Noch möge eine Aeusserung des grossen Meteorologen Dove in Betreff des Waldes Erwähnung finden. „Dass die Waldungen zur Erhaltung der Feuchtigkeit und damit der Fruchtbarkeit ganzer Länder von grösster Wichtigkeit sind, das lehrt auch die Geschichte in dem Schicksale solcher Länderstriche, welche durch rücksichtslose Entwaldung ihre frühere Fruchtbarkeit verloren haben und nun öde liegen. Aegypten und Griechenland bieten hier traurige Beispiele. Seitdem die Araber in Oberägypten die Waldungen umgehauen haben, ist dort auch der Regen ausgeblieben; dagegen fallen in Unterägypten bei Alexandria und Kairo, wo Regen früher zu den Seltenheiten gehörte, jetzt häufigere Niederschläge, seitdem Mehemed Ali dort grosse Waldungen anlegen liess.“

Auch in sanitärer Hinsicht ist der Wald ein bedeutender Faktor, da er das irrespirable Gas der Kohlensäure zersetzt, den Kohlenstoff in sich zur Holzbildung aufnimmt und den Sauerstoff frei der Luft zurück gibt. Sauerstoff ist aber die wohlthätige Lebensluft, die in ihrer Steigerung das Ozon gibt, das auch aktiver Sauerstoff heisst, und das nach Ansicht der Aerzte eine sehr bedeutende Reaction auf die Organismen und das Blut übt, wesshalb sogar berühmte Aerzte die Behauptung aufgestellt haben, man solle bei Epidemien nur mit Ozon gesättigtes Wasser trinken, da dieses Gas durch seine starke Oxydationsfähigkeit leicht im Stande sei, die dem menschlichen Organismus so schädlichen Mikroben zu zerstören.

Aus diesen Aussprüchen kompetenter Autoritäten kann man wohl den Schluss ziehen, dass der Wald sorgfältiger Pflege und rationeller Behandlung wert sei, und dass rücksichtslose Zerstörung desselben die schwersten Folgen für die Fruchtbarkeit des Bodens und daher auch für den Wohlstand eines Landes im Gefolge habe.

Es ist, wie oben bereits erwähnt worden, der Aequatorialstrom der eigentliche Regenbringer; der Polarstrom dagegen fegt die Luft von wässerigen Dünsten rein, denn da er aus kühleren in wärmere Gegenden vordringt, so entfernt sich die Luft immer mehr von ihrem Sättigungspunkt, kann also fortwährend neue Wasserdünste in sich aufnehmen. Es haben demnach in den Tropen diejenigen Orte, die in den Passatregionen liegen, ewig heiteren Himmel, und in der Sonnenglut erstirbt alles vegetabilische Leben wie bei uns im Winter. Zwischen den Passatgürteln liegt die Region der Wind-

stillen, über welchem Strich die Sonne senkrecht steht. Dort verdampft das Wasser zumeist, und der warme Luftstrom trägt die Wasserdämpfe in ferne Höhen empor. Dort treffen sie kältere Luft an, condensiren und fallen sogleich wieder zur Erde nieder. Daher in den Calmen alle Tage nach der heissesten Tageszeit unter mächtigem Blitz und Donner gewaltige Wassermassen zur Erde niederstürzen. Humboldt erzählt, dass diese Erscheinung so regelmässig eintritt, dass er dieselbe wie eine Uhr beobachten konnte: um drei Uhr Nachmittags erhob sich das Gewitter, bis 5 Uhr dauerte der Platzregen, dann stand die Sonne wieder am wolkenlosen Westen. Das wiederholt sich so wochenlang; endlich mit dem Vorrücken der Sonne dehnt sich die Regenzeit gegen Morgen und Abend immer weiter aus, bis die Regengüsse den ganzen Tag über andauern, und die heissere Tageszeit sich nur mehr durch eine mächtigere Wasserflut ankündet. Was aber ein tropischer Regen ist, erwähnt Humboldt kurz, wenn er sagt: „In Cayenne fielen in 10 Stunden 445 mm Wasserhöhe. Das Wasser fällt nicht mehr in Tropfen, sondern in Wasserfäden aus der Atmosphäre nieder, bis an die Stelle der Calmen die Region der Passate tritt. Diese extreme Einförmigkeit der Atmosphäre (erst versengende Sonnenglut dann unaufhörliche Regengüsse) wirkt ausserordentlich abstumpfend auf Sinn und Geist, so dass selbst Europäer nach und nach ihre Energie einbüssen.“

Zamminer gibt einige Zahlen, welche die jährliche Regen-
höhe einiger Orte der Tropen und zwar aus den Gegenden der
Passate angeben:

Sierra Leone (Guinea)	4800 mm	Kingstown (St. Vincent)	2080 mm
Maranhon	7000 „	Basseterre	3200 „
Cayenne	2950 „	Matouba	7400 „
Paramaribo	5800 „	Jamaica	1250 „
Cumana	190 „	Haiti	3000 „
Trinidad	1600 „	Vera Cruz	1680 „

Aehnliche Wassermassen fallen auch in dem Gebiete der Monsune nieder. In Vorderindien merkt man genau den Einfluss der Gebirge. Der Himalaya schliesst nämlich dieses Land beinahe ganz von dem übrigen Asien ab. Die Niederschläge fallen südlich des Himalaya nieder, so dass nördlich desselben ein regenloses Gebiet sich zeigt. In Dekan zieht an den beiden Küsten das Gebirg der Ghats. Im Sommer führen die Monsune die Dünste des indischen Meeres dem Lande zu, wesshalb auf der Küste Malabar mächtige Niederschläge stattfinden, während jenseits der Ghats heiterer Himmel lächelt; im Winter dagegen führen die Monsune die Wasserdünste des bengalischen Busens mit sich, daher die Küste Koromandel die Niederschläge empfängt, während das Hochland westlich der Ghats

regenlos bleibt. Zamminer gibt die jährlichen Regenhöhen einiger Orte des Monsungebietes an:

Pulo Pinang (Hinterind.)	1650 mm	Mahabuleschwar	7650 mm
Daselbst in 680 m Höhe	2950 „	Bombay	2020 „
Calcutta	1500 „	Madras	1220 „
Benares	1080 „	Canton	1750 „
Delhi	600 „	Gondar (Habesch)	950 „

Die einförmige Regelmässigkeit der atmosphärischen Niederschläge der tropischen Zone und des Monsungebietes verliert sich allmählig in der gemässigten Zone, wo der Aequatorial- und Polarstrom das ganze Jahr über abwechseln. Ueber Europa condensiren zunächst die Dünste, die der Aequatorialstrom vom atlantischen Ocean mit sich fortführt. Was die Regenmengen in den einzelnen Jahreszeiten betrifft, so fällt bei uns die grösste Regenmenge im Sommer, die kleinste im Winter, da im Winter die Dünste meist schon über den Küstenländern condensiren und niederfallen. Je weiter man sich vom Aequator gegen die Pole hin entfernt, um so seltner werden die Niederschläge, und innerhalb der Polarzone verschwinden sie fast ganz. Die Luft ist dort zwar immer sehr feucht; allein da bei der niedrigen Temperatur wärmere und kältere Luftschichten sich selten mischen, so erfolgt auch äusserst selten ein Regen, sondern bei der niedrigen Spannkraft der Dämpfe bildet sich meist nur Nebel, der dicht auf der Erde lagert. Die mittlere jährliche Regenmenge Europa's ist auf 850 mm, die Nordamerika's auf 1000 mm geschätzt, die Regenmenge der nördlichen Halbkugel ist auf 1300 mm, jene der südlichen auf 700 mm berechnet, während die Regenmenge der ganzen Erde 1,5 m kaum erreicht.

An einigen Stellen von geringer Breite fehlen die atmosphärischen Niederschläge vollständig, nämlich in der Sahara und in der arabischen Wüste; andere werden nur vom Thau getränkt, nämlich Oberägypten, Iran, die hohe Tartarei und die Wüste Gobi. Von diesen regenlosen Gebieten liegen die ersteren an der Passatregion und haben desshalb, da die vom Wüstensande erhitzte Luft fortwährend neue Dämpfe aufnehmen kann, das ganze Jahr hindurch heiteren Himmel. Die letzteren Gebiete liegen sehr hoch und haben auf der Südseite Gebirge, welche die Wasserdämpfe stauen, so dass diese daselbst niederfallen. Andererseits werden diese Striche bedeutend erwärmt; wenn nun die ohnehin schon an Dünsten arme Luft über diese Länder hinzieht, wird ihre Temperatur erhöht, wesshalb sie sich von ihrem Sättigungspunkt mehr entfernt. Regenlos ist auch die Westküste von Südamerika. Humboldt fand die Ursache in der dortigen Meeresströmung. Es ergiesst sich längs der Küste von Patagonien der Südpolarstrom in mächtiger Breite in nördlicher

Richtung. Die Dämpfe dieses Polarstroms, der nur $+5^{\circ}$ hat, treffen am Lande trockne und wärmere Luft und dehnen sich daher aus anstatt condensirt zu werden.

§ 4.

Gewitter.

Die Thatsache, dass die Luft Elektrizität besitze, wurde zwar schon lange vermutet, aber erst in neuester Zeit bestimmt erkannt, und die Forschung hat ergeben, dass die ruhende Luft positiv elektrisch sei, dass aber, wenn der Himmel bedeckt sei oder Regen falle, die negative Elektrizität der Atmosphäre zu überwiegen pflege. Um diese Erscheinung zu erklären, wurden mehrere Hypothesen aufgestellt. Man führte die Lufterlektrizität auf die Dauer der Erwärmung durch die Sonne zurück; oder man glaubte, dass die mächtigen Eruptionen des Wasserstoffes auf der Sonne bis zur Erde elektrische Spannung erzeugen; bei Verdampfung des Wassers wird Wärme latent und bei der Condensation die latente Wärme wieder frei, und bei beiden Vorgängen wird Elektrizität erzeugt. Durch Reibung der Luftschichten an einander und durch die des fallenden Regens insbesondere wird Elektrizität der Luft erzeugt. Lamont bringt den elektrischen Zustand der Luft mit dem Erdmagnetismus in Verbindung, indem er nachweist, dass der Erdmagnetismus das Resultat elektrischer die Erde umkreisender Ströme sei, so dass also die Lufterlektrizität durch den Elektro-Magnetismus der Erde erregt würde. Jedenfalls geht aus diesen Hypothesen diess hervor, dass die Ursache der atmosphärischen Elektrizität noch nicht genau bekannt ist. Gewiss ist auch das, dass die Erde als negativ, die Luft dagegen als positiv elektrischer Körper anzusehen ist.

Die Ausgleichung der durch die beiden Elektrizitäten hervorgerufenen Spannung geschieht nun entweder im langsamen und ruhigen oder im plötzlichen und heftigen Prozess. Zum ruhigen Ausgleich gehört es, wenn man hin und wieder bei Tag oder bei Nacht über dem Sande der Wüste oder über den Wipfeln der Waldbäume Funken aufleuchten sieht. Auch das St. Elms-Feuer, das den Römern schon bekannt war, das man manchmal auf den Masten der Schiffe und auf Helmspitzen und den Gewehren der Soldaten aufleuchten sieht, ist nichts anderes als ein Ueberströmen der Erde in die Lufterlektrizität, wobei der Funke als Lichterscheinung hervor tritt.

Tritt der elektrische Ausgleich plötzlich und heftig ein, so sehen wir jene Naturerscheinung, die wir Gewitter nennen. Gewitter können zwar zu jeder Jahres- und Tageszeit auftreten,

aber für Mitteleuropa ist der warme Sommer die eigentliche Zeit der Gewitter, welche da nach der heissesten Tageszeit, wenn der durch die Sonnenwärme veranlasste aufsteigende warme Luftstrom seine Kraft zu verlieren anfängt, gewöhnlich sich zeigen, da zu dieser Zeit die von dem Luftstrom in ferne Höhen emporgetragenen Wasserdämpfe in den kälteren Luftschichten zu condensiren und zu sinken beginnen. Die Gewitterwolken bestehen aus schwerem dichtem Gewölke von blaugrauer Farbe, welche nur in der Richtung nach der Sonne hin in gelbgraue Schichten übergeht. Wenn bei ruhiger heitrer Luft durch die Sonnenwärme viel Wasser verdampft wird, so verdichten sich die aufgestiegenen Dämpfe in den höheren Luftregionen, und es entsteht ein Gewitter von oben, wie solche in den Tropen täglich, in Europa jedoch nur in der heissen Jahreszeit vorkommen. Sind die Dünste zur Erde gefallen, so steht die Sonne wieder am wolkenlosen Westen. Wird der kalte Polarstrom von dem warmen Aequatorialstrom plötzlich verdrängt, so werden die warmen Dämpfe sehr rasch condensirt, und das Gewitter zieht von Westen her als Anfang einer meist längeren Regendauer. Fällt aber der Polarstrom plötzlich in den Aequatorialstrom ein, so ereignet sich der seltene Fall, dass das Gewitter von Osten herzieht.

Durch die rasche Condensation der Dämpfe entwickelt sich in der Wolke positive Elektrizität, welche, während die Wolke sinkt, durch die Reibung an der Luft ohne Zweifel noch bedeutend vermehrt wird. Eine solche Gewitterwolke wirkt nun ganz wie ein anderer elektrischer Körper, indem sie bei einer andern ihr nahen Wolkenschichte, oder wenn sie tief genug herabgesunken ist, an der Erde die entgegen gesetzte Elektrizität hervor ruft. Die Entladung der elektrischen Spannung geschieht dadurch, dass der Funke oder Blitz von einer Wolke zur andern oder von einer Wolke zur Erde überspringt. Seitdem Benjamin Franklin (1734) seinen mit Stahlspitzen versehenen Papierdrachen während eines Gewitters in die Wolken empor steigen liess, ist die Identität zwischen Blitz und elektrischen Funken unumstösslich nachgewiesen. Franklin hatte am untern Ende der Drachenschnur ein Metallstück befestigt. So lange kein Regen fiel, war der Versuch resultatlos. Erst als der Regen begonnen, die Schnur nass und dadurch ein guter Leiter geworden war, sprang, wenn man dem Metallstücke ein zweites näherte, der Funken über.

Unmittelbar vor dem Ausbruche des Gewitters zeigt die fast unerträgliche Schwüle an, dass die Luft vollständig mit Dünsten gesättigt, also die Ausdünstung des Körpers gehemmt ist. Brechen endlich die condensirten Wasserdämpfe der Wolken gleich anfangs in einem Platzregen los, so geschieht der Ausgleich der beiden Elektrizitäten wegen der vorzüglichen Leitung des strömenden Regens in Ruhe.

Das Landvolk nennt diesen Vorgang ein stilles Gewitter. Brechen die schweren Wolken nicht gleich in einem Regen los, so haben wir die Erscheinung eines allmählichen Ausgleiches in Blitz und dem darauffolgenden Donner, dessen heiserer Schall nichts anderes als das Knistern des elektrischen Funkens nur hier der Grösse dieses Funkens entsprechend ist, und dessen Rollen das vielfältige Echo ist, in welchem dieser Schall von den Wolken und den Unebenheiten des Bodens zurück geworfen wird. Die schweren Wolken sinken immer näher zur Erde herab; in der Höhe beginnt der Regen, erzeugt durch die Reibung an der Luft eine bedeutende Menge Elektrizität und dient zugleich als Leiter des Ausgleiches. Wenn die Gewitterwolken niedrig, und manche ziehen ja kaum 300 m über der Erde hin, dann geschieht der elektrische Ausgleich nicht von Wolke zu Wolke, sondern von Wolke zur Erde, und hochragende Gegenstände als Häuser, Bäume, Türme dienen als Leiter zwischen der Wolken- und Erdelektrizität.

Manchmal fällt bei einem Gewitter auch kein Regen; diess ist möglich, wenn von einer hochschwebenden Wolke feiner Staubregen fällt, der in den tiefer gelegenen Luftschichten, die von dem aufsteigenden Luftstrom ziemlich erwärmt sind, rasch wieder verdunstet. Regenstreifen in der Atmosphäre zeigen öfter diese Erscheinung an.

Die Wirkungen des Blitzes sind die des elektrischen Funkens überhaupt, hier nur der Grösse desselben angemessen: gute Leiter werden verbrannt, schlechte zertrümmert und die Nerven durch die plötzliche Trennung und Wiedervereinigung der Elektrizitäten des Organismus getödtet. Um diese zerstörenden Wirkungen des Blitzes von dem Leben und dem Besitztume der Menschen abzuwenden und der gewaltigen wilden Naturkraft einen Weg anzuweisen, dass sie womöglich unschädlich vorüber ziehe, hat Franklin den Blitzableiter construirt. Auf dem Dache des Gebäudes wird eine metallene Auffangstange, die etwa 2 m lang ist und oben mehrere Spitzen hat, angebracht und durch einen guten Metallleiter mit der Erde in Verbindung gesetzt. Führt der Blitz an dem Leitungsdraht hernieder, so verschwindet er entweder spurlos in der Erde, oder wenn er auf sandigen Boden trifft, wird das Gestein z. B. Quarz, Kiesel u. s. w. durch die ausserordentliche Hitze geschmolzen und an einander gekittet, was die sogenannten Blitzröhren gibt.

In unseren Breitegraden sind allerdings Blitz und Donner die zumeist in die Augen springenden Erscheinungen eines Gewitters. In der Region der Calmen, wo die Gewitter eine tägliche Erscheinung sind, und besonders im Gebiete der Monsune zur Zeit des Umschlagens der Winde also im März und Oktober sind die die

Gewitter begleitenden Sturmbewegungen der Atmosphäre, nämlich die Tornados Westindiens und die Teifune der indischen und chinesischen Gewässer, das Entsetzen jener Gegenden. In der gemässigten Zone fallen die meisten Gewitter im Sommer vor, weil diese Jahreszeit die Bildung von Gewitterwolken zumeist begünstigt. Im Winter fallen die Niederschläge in der Regel schon über den Küsten nieder, wesshalb in den Binnenländern elektrische Entladungen sehr selten sind. Ebenso werden in hohen Breiten, besonders bei Seeklima z. B. in Norwegen Gewitter sehr selten, weil die Wasserdämpfe schon in geringer Erhebung über der Erde condensiren. Innerhalb des Polarkreises sind Gewitter nicht mehr möglich.

§ 5.

H a g e l.

Eine sehr häufige Begleitung der elektrischen Entladungen in der Atmosphäre ist der Hagel. Ueber die Entstehung des Hagels waren die Ansichten der Meteorologen von jeher sehr geteilt, und annoch ist die Erscheinung nicht mit voller Bestimmtheit erklärt. Seit Franklin ist nachgewiesen, dass die Wolken elektrisch sind, und zwar besitzen sie meistens positive Elektrizität, und die negative Elektrizität einer Wolke erfolgt in der Regel nach dem Gesetz der elektrischen Verteilung. Darauf gründete Volta seine Ansicht über die Entstehung des Hagels. Streichen nämlich zwei solche Wolken mit positiver und negativer Elektrizität über einander hin, und beginnt der Staubregen von der ersten zur zweiten Wolke zu fallen, so wird er von dieser abgestossen und wieder zur ersten zurück geworfen, eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie beim elektrischen Kugeltanz oder beim elektrischen Glockenspiel sehen. Durch die rasche Bewegung tritt heftige Verdunstung und endlich Erstarrung der Regentröpflein ein. Sie verdichten immer mehr Wasserdunst und fallen endlich von der Schwere der Erde angezogen als Eis nieder. Diese Ansicht Volta's scheint nicht haltbar zu sein, da es nicht wahrscheinlich ist, dass die verhältnissmässig schwache Elektrizität der Wolken die intensivere Wirkung der Schwere zu überwinden im Stande ist.

Dagegen weiss man, dass in einer Höhe von ungefähr 6000 m die Temperatur schon weit unter dem Nullpunkte liegt. Reisst der aufsteigende warme Luftstrom eine grosse Menge Wasserdämpfe in jene hohen Regionen empor, so erstarren die Dämpfe, sobald der warme Luftstrom nicht mehr bis in jene Höhen emporsteigt, zu Eis. Diese Eisnadeln fangen bei ruhiger Luft zu sinken an, und wenn sie in bedeutender Höhe auf sehr dampfreichen Wolken

treffen, so schlagen sich die Dämpfe an diesen Eisnadeln nieder und gefrieren, wodurch sie an Schwere zunehmen. Durch die Gravitation der Erde angezogen verdichten sie auf dem langen Wege durch die Luft sehr viele Wasserdämpfe, so dass sie oft in beträchtlicher Grösse auf der Erde ankommen. Diese Hagelkörner oder Schlossen haben meist die Grösse von Erbsen oder Haselnüssen, können aber allerdings auch die Grösse eines Taubeneies oder darüber erreichen. Treffen aber jene ersten kleinen Eiskörnchen erst in den unteren wärmeren Luftschichten sehr dampfreiche Wolken an, so schmelzen sie leicht wieder, und es kommt dann nur zu einem mächtigen Platzregen. Diese Ansicht scheint auch der Bau der Hagelkörner zu bestätigen; schneidet man nämlich eine Schlosse entzwei, so sieht man, dass sie aus lauter concentrischen Eisschalen besteht, in deren Mitte sich ein undurchsichtiger Kern befindet, der den Graupelkörnern, wie sie im Frühjahr häufig fallen, ähnlich ist. Es ist auch öfter bemerkt worden, dass auf den Höhen Graupeln fallen, während in den Niederungen zur selben Zeit ein Hagel oft arge Verwüstungen anrichtet. Die Form der Schlossen ist meist rundlich und glatt, manchmal auch eckig und mit kleinen Spitzen versehen, was gewiss davon kommt, dass während des Falles mehrere Körner an einander gefrieren.

In der tropischen Zone fällt wegen der starken Erwärmung der Luft bis in bedeutende Höhen äusserst selten Hagel, da die anfänglich kleinen Körner wieder schmelzen; ebenso ist innerhalb der Polarzone wegen der geringen Erhebung der Wolken über der Erde Hagel unmöglich, so dass die gemässigte Zone als Heimat des Hagels anzusehen ist. Uebrigens ist ausser Zweifel, dass auch die Beschaffenheit und die Kultur des Bodens auf den Hagel Einfluss haben. Ueber hochgelegenes und bewaldetes Land fällt öfter, aber meist nur Graupelhagel, während im Tiefland, besonders wenn sich an Gebirge Seen anreihen, Schlossenhagel niedergeht. Der Hagel breitet zum Glück seine Verwüstungen nie über sehr weite Gebiete aus, sondern es werden immer nur verhältnismässig schmale Striche von wenigen Kilometern Breite von seinen Verwüstungen betroffen, eben der Breite der Hagelwolken entsprechend; ja man hat schon gesehen, dass zwei solche Hagelstriche nebeneinander hinzogen, getrennt von einer schmalen Zone, in welcher nur schwerer Regen niederging.

§ 6.

Die Niederschläge als Quellen.

In den Tropen verdampfen durch die Sonnenwärme alljährlich ungefähr 1600 Cubikmeilen und in den gemässigten Gürteln an 400 Cubikmeilen Wasser; von diesen Dämpfen fliesst etwa $\frac{1}{4}$ aus den Tropen in die Hemisphäre ab, schwebt da mit den bereits

vorhandenen Dünsten als Gas in der Atmosphäre und fällt condensirt als Nebel, Regen oder Schnee nieder. Da sind es namentlich die Gebirge, auf welche die condensirten Dämpfe wegen der starken Wärmeausstrahlung und niedrigen Temperatur des Gesteins niedersinken. Diese meteorischen Wasser sickern durch die Ritzen und Spalten langsam in die Gebirgsstöcke ein und kommen häufig als Quellen auf den Bergen selber, wenn der Boden einen Durchbruch des Wassers gestattet, wieder hervor, wie z. B. auf dem Brocken nur 14 m unter dem höchsten Gipfel eine Quelle entspringt. Solche Quellen bilden meist den Anfang zu Gebirgsbächen und Flüssen. Wenn einige Zeit wolkenloser Himmel andauert, so dass also die Thaubildung sehr gering ist, so trocknen solche Bergquellen regelmässig wieder aus, was im Sommer meist der Fall ist. Anders ist es bei den Bergquellen, die durch Gletscher gespeist werden; diese fliessen im Winter nur spärlich, dagegen im Sommer wegen des abschmelzenden Eises sehr reichlich. Manche Quellen fliessen periodisch, wie die sogenannten Maiquellen im nördlichen Deutschland vom Mai bis Juni oder Juli; sie heissen auch Hungerbrunnen, weil sie nur dann hervor brechen, wenn im Frühjahr durch anhaltenden Regen der Boden mit Wasser schon übersättigt ist, so dass das Schneewasser der nächsten Berge nicht mehr einsickern kann, und dann in Folge des langen Regens meistens Misswachs und Hungersnot eintreten.

Oder das eingesickerte Wasser geräth auf schiefe Schichten, sinkt der Tiefe zu und sammelt sich häufig erst in einiger Entfernung vom Gebirge in unterirdischen Becken, wie die artesischen Brunnen bestätigen. Auf Hochebenen, die ohne Zweifel durch Verwitterung des Alpengesteins und diluviale Anschwemmungen entstanden sind, z. B. auf der oberbayerischen Hochebene bezeugt das Hervorbrechen von Quellen an tief gelegenen Abhängen das Fortfliessen des Wassers in unterirdischen Kanälen ganz deutlich. Die Gebirgsseen werden in der Regel nur durch unterirdische Quellen gespeist, wesshalb ihr Wasserspiegel im Winter tiefer liegt als im Sommer. Als ein Beispiel, welch grosse Wassermengen im Innern der Erde oft sich finden, erscheint der Zirknitzer-See, ein kleiner Gebirgssee im zerklüfteten Karst 570 m über dem Meer und von einer durchschnittlichen Tiefe von 7 m, der wahrscheinlich mit einem andern Wasserbecken im Innern der Erde in Verbindung steht, so dass sein Wasserstand nach dem Gesetz der communicirenden Röhren mit dem Niveau des unterirdischen Beckens sinkt und steigt. Sein Wasser läuft durch zahlreiche Höhlen und Spalten des felsigen Ufers und Bodens ab und erscheint tiefer unten wieder in den Bächen Bistriza und Boruniza. Wenn es lange nicht regnet, vermindert sich sein Wasserstand oder trocknet bis auf die tiefsten Stellen wohl auch ganz aus; bei nassem Wetter hingegen können

die Abflüsse nicht alle durch die einströmenden Bäche und durch die sich ergiessenden Höhlen angewachsene Wassermenge aufnehmen, wesshalb der Wasserspiegel sich dann sehr hoch stellt. Dieser Wechsel ist also ein unregelmässiger, und eine regelmässige Ernte kann nicht stattfinden, obwohl man in trocknen Jahrgängen einen Teil des Seebodens bebaut und als Weide benützt.

Einige Forscher stellten die Behauptung auf, das meiste Wasser, das aus dem Innern der Erde komme, sei Meerwasser, das in die Erde eingesickert sei und durch den Druck des Meerwassers und die Capillar-Attraction empor gehoben werde. Auf diese Weise wollte man die grosse Ueberschwemmung erklären, die i. J. 1824 sich über die Flussgebiete der Donau und des Rheins ergossen hatte. Allerdings ist das Salzwasser des Meeres etwas schwerer, als das Süsswasser der Quellen — 103 : 100 —, aber das Grundwasser kann durch den Druck des Meerwassers unmöglich bis zu einer Höhe von 500—600 m gehoben werden, wenn man auch annehmen wollte, dass das Meerwasser beim Durchgang durch die Erde allen Salzgehalt verliere. Und ferner ist es Gesetz, dass aus Haarröhrchen eine Flüssigkeit niemals zum Ausfluss kommt. Andererseits ist sicher, dass die Regenmenge, die vor der Ueberschwemmung fiel — es fielen 120 mm — hinreichend war, den Flüssen eine so bedeutende Wassermasse zuzuführen, dass sie über die Ufer treten mussten.

Durch möglichst genaue Ermittlung der Wasserscheiden lässt sich annähernd bestimmen, welche Regenmenge über einem Flussgebiete fällt; ebenso kann man an den Flussmündungen beiläufig bestimmen, wie viel Wasser ein Fluss ins Meer führt. Durch hinlänglich zahlreiche Beobachtungen hat man gefunden, dass von den atmosphärischen Niederschlägen im Mittel etwa $\frac{1}{3}$ ins Meer durch die Flüsse geführt wird und vielleicht $\frac{1}{3}$ durch unterirdische Kanäle dahin gelangt, während ungefähr $\frac{1}{3}$ verdunstet. So gibt Zamminer an, dass im Flussgebiete der Seine oberhalb Paris jährlich eine Wassermasse von nahezu 23 000 Cubikmeter fällt, während das unter der Revolutionsbrücke in Paris durchfliessende Wasser jährlich ungefähr 8000 Cubikmeter beträgt. Talbot hat in England durch direkte Messungen mittelst Vegetationserde und durch möglichst genaue Beobachtung ein der gefallen Regenmenge im Flussgebiete der Themse im Vergleich zu der an der Mündung ausfliessenden Wassermasse beinahe das gleiche Resultat gefunden.

Von den warmen und Mineralquellen wurde bereits früher gehandelt.

§ 7.

Veränderung der Erdoberfläche durch die
atmosphärischen Wasser.

Auf der ganzen Erdoberfläche verdunsten durch die Sonnenwärme alljährlich ungefähr 2000 Cubikmeilen Wasser, welche Wassermassen als Wolken in den Lüften schweben. Diese werden von den Winden über die Continente hingetrieben, wo sie als Regen auf die Erde niederfallen und irgendwie wieder zum Meere gelangen. Doch das Wasser, das durch die Quellen und Flüsse zum Abfluss gelangt, ist nicht mehr das reine Wasser, das aus der Atmosphäre nieder gefallen ist. Während es eine Strecke im Innern der Erde hinfloss, hat es verschiedene Salze und lösliche Mineralien in sich aufgenommen, die es in den Mineralquellen und Gesundbrunnen zu Tage fördert. Die Flüsse führen in ihren Gewässern Erde und eine Menge lösliche und unlösliche Mineralien als Schlamm mit, in ihren Tiefen aber schieben sie Steingerölle und Sand fort.

Ueber diese Ausspülung der Gebirge durch die atmosphärischen Wasser schreibt Zammmer: „Viele Bestandteile der Gebirgsmassen sind im Wasser an und für sich in grösserer oder geringerer Menge löslich, wie die Chlor-, Brom- und Jodverbindungen der Alkalien und alkalischen Erden, viele schwefelsaure und kohlensaure Salze; zur Lösung anderer wird das Wasser durch die Gase (Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniakgas) befähigt, welche es aus der Atmosphäre mitbringt oder an vielen Orten in grösserer Menge in der Tiefe aufnimmt. G. Bischof berechnet, dass die Pader bei einem Gehalt von $\frac{1}{4000}$ an kohlensaurem Kalk aus dem Kalkgebirge, in welchem sie entspringt, jährlich einen Würfel von 30 m Seite auspült. Der Bohrbrunnen zu Neusalzwerk bei Minden fördert jährlich so viel Kochsalz zu Tage, als einen Würfel von 23 m Seite füllen würde. Man denke sich diese und ähnliche Wirkungen durch Jahrtausende fortgesetzt und man wird begreifen, wie ganze Berge von dichtem Kalkstein in porösen Dolomit umgewandelt werden, und wie die ungeheuren Höhlen sich bilden konnten, an welchen die Kalkgebirge so reich sind. Die Nebelhöhle im Jurakalk der schwäbischen Alp bietet ein grossartiges Beispiel der auflösenden Wirkung des Wassers.“

Ein merkwürdiges Beispiel von der zerstörenden Wirkung des Wassers bietet der Niagara in Nordamerika, der Abfluss des Eriesees (172 m) zum Ontariosee (71 m ü. d. M.) Derselbe ist 53 km lang, geht in der Hälfte seines Laufes in Stromschnellen über und

bildet 5 km weiter abwärts die berühmten Niagarafälle, drei an der Zahl. Der erste stürzt bei 600 m Breite in eine Tiefe von 46 m, nebenan der zweite bei 346 m und der dritte bei 8 m Breite in eine Tiefe von 53 m. Sowohl wegen der bedeutenden Höhe als auch wegen der ungeheuren Wassermasse (etwa 11000 cbm in einer Sekunde) nehmen die Niagarafälle unter allen bis jetzt bekannten Wasserfällen die erste Stelle ein und bieten ein Naturschauspiel, das an Grossartigkeit seines gleichen nicht hat. Der Umstand, dass die unteren Schichten des Gesteins, über welches die Wassermassen stürzen, nämlich Thonschiefer und Kalkstein, weicher sind als die oberen, hat eine fortwährende Unterwaschung der Grundlage zur Folge, so dass von Zeit zu Zeit die oberen Schichten nachstürzen. Es geht desshalb ein langsames Fortrücken der Fälle nach dem Eriesee hin vor sich, und nach einer gewissen Zeit (nach dem jährlichen Mittel kann man etwa 40 000 Jahre annehmen) wird wahrscheinlich nur mehr von Stromschnellen die Rede sein können. Die unterhalb der Fälle wieder vereinigten Wassermassen des Niagara wälzen sich durch eine 7 km lange Felsenschlucht in schäumender Wildheit. Die Stelle des Falles weicht aber jährlich im Mittel um ungefähr 0,5 m zurück, und Alles deutet darauf hin, dass diese Schlucht im Laufe von Jahrtausenden durch den Wasserfall ausgespült worden sei, und dass dieser ursprünglich da gewesen sein müsse, wo heute Queenstown liegt.

Die atmosphärischen Niederschläge sickern im Sommer in die Spalten und Ritzen der Felsen ein, sprengen, wenn sie im Winter gefrieren, einzelne Stücke ab, welche, wann der Frühling ins Land zieht, von den Höhen in die Thäler niederstürzen. So bereitet der himmlische Regen in stiller Thätigkeit der Verwitterung den Weg, indem er das Gestein der Gebirge den allseitigen Einwirkungen des Lichtes, des Sauerstoffes, der Luft und des Wassers überliefert. Das Steingerölle und die Erde, welche die Gebirgsbäche in die Ebene hernieder bringen, tragen die Flüsse fort und setzen das Gerölle zuerst da ab, wo ihr Lauf etwas langsamer wird, den feinen Schlamm aber führen sie in grössere Entfernungen weiter. Es steht also mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass Seen, durch welche Flüsse strömen, im Laufe der Jahrtausende immer seichter werden und endlich versanden. An den Mündungen der Flüsse treten neue Landbildungen, die sogenannten Delta, auf. Solche Deltabildungen sind besonders an den Mündungen des Nil, des Po, des Ganges, des Mississippi, des Maranhon zu finden. Das jährliche Vorrücken der Pomündung z. B. beträgt im Mittel über 60 m, und die Stadt Adria, die heute über 2 Meilen vom Meere entfernt liegt, ist in alter Zeit von den Wogen des Meeres bespült worden. Man hat nach genauer Beobachtung berechnet, dass der Ganges jährlich an

24 Mill. Cubikmeter Sediment ins Meer führt, wenn man nur 2^o/_o Gehalt annimmt. Da die durchschnittliche Tiefe des Meeres an den Gangesmündungen $\frac{1}{4}$ Meile beträgt, so wird der Ganges etwa nach 6000 Jahren 500 Quadratmeilen niedriges Küstenland angeschwemmt haben.

Der andauernde Prozess der Auflösung der löslichen Mineralien der continentalen Ländermassen durch die atmosphärischen Niederschläge führt dem Meere eine grosse Menge Salze zu, so dass der Salzgehalt des Meeres, der im Mittel 3,5^o/_o beträgt, wovon das Kochsalz allein 2,6^o/_o ausmacht, sich fortwährend erhöht. Will man annehmen, dass der Salzgehalt der zum Meere zurück kehrenden meteorischen Wasser nur 0,000001 sei, so findet man, dass diese Wassermasse bei der mittleren Regenhöhe von 1 m etwa 50000 Mill. Kilogramm Salze dem Meere zuführt.

So muss wohl einst nach Millionen von Jahren die Zeit kommen, wo die Gebirge der Erde der still doch stetig nagenden Verwitterung unterliegen und in das Meer hinab geflötzt sind. Alsdann wird bei dem fortschreitenden Abkühlungsprozess die Erde eine wüste Wasserfläche sein, wenn nicht die vulkanischen Gewalten im Innern der Erde neuerdings eine Umwandlung ihrer Oberfläche veranlassen.

12. Abschnitt.

Anwendung der meteorologischen Erfahrungssätze.

§ 1.

Der Druck der Luft und der Wasserdämpfe auf das Barometer.

Die Luft, welche wie ein wallender Ocean die Erde umhüllt, ist nicht ein einfacher Körper oder ein Element, sondern ein Gemisch von Gasen, welche nach einem stets constantem Verhältniss zusammengesetzt sind, das nur infolge lokaler Ursachen kleine Schwankungen zeigt. Sie besteht aus 78,5^o/_o Stickstoff und 21,4^o/_o Sauerstoff, wozu noch kleine Mengen Kohlensäure und Ammoniakgas kommen. Wie alle Körper an der Oberfläche der Erde so ist auch die Luft dem Gesetze der Schwere unterworfen, die oberen Schichten der Luft drücken deshalb auf die unteren Partien, welche dadurch und zwar der Höhe proportional zusammen gedrückt, dichter und schwerer werden und hinwiederum auf ihre Unterlage drücken. Der Versuch Torizelli's i. J. 1643 hat die Schwere der Luft und den Druck derselben auf die Unterlage unumstösslich dargethan, indem er zeigte, dass das Gewicht der Luftsäule dem einer Queck-

silbersäule von gleichem Durchmesser und einer Höhe von 760 mm im Mittel gleich ist. Diesen Druck, der auf 1 □ ctm Basis 1,033 Kilogramm beträgt, hat man mittelst des Barometers gemessen.

Wäre die Erde ruhend, so wäre die Höhe der Atmosphäre, also auch der Druck derselben überall gleich; allein da die Erde eine Achsendrehung hat, so nimmt auch die Atmosphäre an dieser rotirenden Bewegung Theil. Die Folge davon ist, dass die Luft über dem Aequator rascher rotirt, also eine grössere Centrifugalkraft besitzt als in höheren Breiten, und dass diese Geschwindigkeit am Pol Null ist. Es muss also wegen der leichten Verschiebbarkeit der Lufttheilchen über den Polen eine Abplattung stattfinden. Laplace bestimmte nach den am Aequator und im hohen Norden gemachten Beobachtungen die Abplattung der Luft zu $\frac{1}{120}$. Es muss demnach das Barometer am Aequator den höchsten Luftdruck anzeigen, da dort die Luftsäule die höchste Höhe besitzt, und muss dieser Druck gegen die Pole hin immer geringer werden. Allein auf das Barometer drückt nicht blos das Gewicht der Luft, sondern noch das der Wasserdämpfe, die, so lange sie in der Luft in Gasform schweben, bei den verschiedenen Temperaturen sehr verschiedene Spannung besitzen der Art, dass die höheren Temperaturen die Spannkraft der Dämpfe bedeutend vermehren. Ausserdem enthält im Winter die Atmosphäre über den Binnenländern viel weniger Dampfgehalt als im Sommer, weil im Winter die Dämpfe meistens schon über den Küstenländern condensiren und niederfallen, während sie im Sommer von den warmen Lüften weit über die Binnenländer hingeführt werden. Aus diesen beiden Ursachen leuchtet ein, dass im Sommer das Barometer im Allgemeinen einen höheren Stand behaupten wird, als diess im Winter der Fall ist.

Die Wirkung der Wasserdämpfe auf das Barometer zeigt sich, wenn man die mittlere Barometerhöhe in den verschiedenen Breiten am Meeresufer beobachtet. Wo viel Niederschläge stattfinden, also die vorhandenen Wasserdämpfe rasch wieder ausscheiden, da ist der Barometerstand fast allein vom Luftdruck abhängig. Man hat 760 mm als mittlere Barometerhöhe angenommen. Die mittleren Barometerstände in den verschiedenen Breiten sind folgende:

0° Breite	761,6 mm	50° nördlich	762,3 mm
10° nördlich	762,9 "	60° "	758,7 "
20° "	765 "	65° "	752,6 "
30° "	766,1 "	70° "	755,4 "
40° "	764,1 "	75° "	758,4 "

Diese Zahlen geben ein ziemlich genaues Bild von der Spannkraft der Wasserdämpfe in den verschiedenen Breiten der nördlichen

Halbkugel. In den Calmen steigen grosse Mengen Dünste empor, fallen jedoch bald wieder nieder, so dass die Schwere der Luft fast allein die Barometerhöhe veranlasst. Sodann wächst der Barometerstand bis zu 30°; in diesen Gürtel fällt die Passatregion, wo die trockene Luft viel Dämpfe aufnimmt, aber nicht condensirt. Von da beginnt wieder ein Sinken des Barometers, bis bei 65° ein Minimum eintritt; es kommen dort die warmen Gewässer des Golfstromes nach Europa, deren Dünste an der kälteren Luft condensiren und niederfallen. Innerhalb des Polarkreises drückt die dichtere weil kältere Polarluft wieder etwas mehr auf das Barometer, ohne jedoch wegen der ziemlich starken Abplattung der Luft die Höhe der Tropen zu erreichen. In der Nähe des Aequators zeigt das Barometer fast das ganze Jahr hindurch denselben Stand. Humboldt führt an, dass das Barometer dort während des Jahres vielleicht um 5—6 mm schwanke, und dass selbst die stärksten Gewitter auf dessen Stand keinen Einfluss geübt hätten.

Ausser diesen geringen jährlichen Schwankungen beobachtete Humboldt in den Tropen auch tägliche Schwankungen der Quecksilbersäule. Etwa eine Stunde vor Sonnenaufgang, wenn die Luft während der Nacht am meisten abgekühlt, verdichtet und niedergesunken ist, so dass die Luftsäule verkürzt erscheint, zeigt sich das erste Minimum. Da beginnt die Erwärmung durch die Sonne; die erwärmte Luft steigt auf und unten strömt kühlere Luft zu. Da in den oberen Luftschichten ein Abfliessen nicht so schnell sich einleitet, so erfolgt ein Stauen der Luft und ein vermehrter Druck auf das Barometer, wesshalb gegen 10 Uhr das erste Maximum sich ergibt. Endlich hat die aufsteigende Luft die oberen Schichten in Bewegung gesetzt, es beginnt in der Höhe der Abfluss; die Luftsäule ist gleichsam dünner und leichter geworden und ihr Druck vermindert, daher ungefähr um 3 Uhr das zweite Minimum sich zeigt. Nun lässt an der Erdoberfläche die Erwärmung nach, wesshalb der aufsteigende Luftstrom schwächer und oben der Abfluss weniger reichlich vor sich geht, während unten noch immer kühlere Luft zuströmt. Dadurch tritt wieder eine Stauung der Luft und eine Stunde nach Sonnenuntergang das zweite Maximum ein. Diese Maxima und Minima des Barometers sind in den Tropen so genau, dass sie sich jeden Tag, zur nämlichen Stunde zeigen. Solche tägliche Schwankungen beobachtet man auch in unseren Breiten jedoch bei weitem nicht in der Regelmässigkeit wie in den Tropen.

Während in den Aequatorialgegenden das Barometer höchstens um 5—6 mm jährlich schwankt, betragen in unsern Breiten die jährlichen Unterschiede im Winter ungefähr 35 mm, im Sommer 15 mm, in Nordamerika 18—38 mm, in Schweden und Norwegen 22—44 mm, auf Island 25—50 mm. Die unbedeutenden Schwan-

a x b.d x

x p'q x p'q x p'q

a x b.d x b.d x b.d

kungen der Barometerhöhe am Aequator bezeugen deutlich, dass dort die Regelmässigkeit der Luftbewegung in keiner Weise gestört und in Folge dessen die Beständigkeit des atmosphärischen Gleichgewichtes durch Stürme nicht unterbrochen wird, während die bedeutenden Barometerdifferenzen unserer Breiten unzweideutig aussagen, dass mächtige Veränderungen in der Atmosphäre vorgehen. Bei uns liegen eben der Polar- und Aequatorialstrom in fortwährendem Kampfe, und wegen der ungleichen Temperatur dieser Ströme werden die vorhandenen Wasserdämpfe bald condensirt bald ausgedehnt. Die Barometerschwankungen müssen um so schärfer hervortreten, je ausgeprägter das Continentalklima mit seinen Temperaturextremen eine Gegend beherrscht. Warum auf Island, das doch eigentlich Seeklima hat, so grosse Barometerschwankungen sich zeigen, erhellt, wenn man bedenkt, dass zwischen Island und Europa der warme Golfstrom, zwischen Island und Grönland dagegen der eisige Polarstrom sich ergiesst, also die Temperaturextreme dort sich berühren.

§ 2.

Wetterprognose.

Da die Witterung auf das Leben, die Gesundheit und die ökonomischen Verhältnisse nicht bloss des Einzelnen sondern auch ganzer Volkstämme von dem allergrössten Einfluss ist, so ist es begreiflich, dass das Streben der Menschen von jeher darauf gerichtet war, die Witterung für die nächste Zukunft zum Voraus zu erkennen. Es haben daher jene Menschenklassen, deren Berufsthätigkeit im Freien stattfindet, und welche also in Betreff eines günstigen Erfolges ihrer Arbeiten von den Witterungsverhältnissen abhängig sind, die Vorgänge in der Atmosphäre und auch in ihrer nächsten Nähe auf der Erde in Bezug auf Sonnenschein und Regen stets auf das sorgfältigste beobachtet, um hieraus einen Schluss auf die Witterung der kommenden Tage machen zu können. Diese Erfahrungen, Bauernregeln genannt, sind meist mit bestimmten Tagen oder Witterungserscheinungen in Verbindung gebracht und geben an, wie das Wetter auf einen kleineren oder grösseren Abschnitt der nächsten Zukunft sich gestalten wird. Diese Wetterregeln, die sich meist nach dem Dove'schen Drehungsgesetz des Windes leicht erklären lassen, entbehren also nicht jeden wissenschaftlichen Grundes; allein da sie nach den gemachten Erfahrungen die Witterung im Allgemeinen bestimmen, ohne eine bestimmte Angabe für den nächsten Tag zu machen, so können sie als eine eigentliche Wetterprognose nicht gelten. Weitere Versuche von Wetterprophezeiungen wurden auf astrometeorologischem Wege ge-

macht, indem man nachweisen wollte, dass die Gestirne, also zunächst Sonne und Mond, die Witterungsverhältnisse in unserer Atmosphäre bestimmen. Es ist allerdings nicht zweifelhaft, dass die Sonnenwärme in letzter Instanz der einzige Grund der Witterungsverhältnisse auf Erden ist, da ja von dem jeweiligen Stande der Sonne auch unsere Jahreszeiten und alle Bewegungen in der Atmosphäre bedingt sind; allein eben so gewiss ist bekannt, dass Wetterprognosen für einzelne Tage hieraus sich nicht ergeben. Besonders wurde dem Monde, als dem unserer Erde nächsten Weltkörper, und wird vielfach noch der vorzüglichste wenn nicht einzige Einfluss auf die Witterung zugeschrieben; steht ja doch jedem Eintritt einer Mondphase in den meisten Kalendern die muthmassliche Witterung beigegeben, die diese Phase bewirken soll. Alle diese Wettervoraussagungen beruhen aber auf unvollständigen Beobachtungen und sind in das Gebiet der Meinungen und des Aberglaubens zu verweisen, da mit voller Sicherheit durch die Wissenschaft nachgewiesen ist, dass ein Zusammenhang zwischen dem Mond und den Witterungsverhältnissen in unserer Atmosphäre nicht besteht.

Mit den vorhergehenden Erörterungen soll jedoch durchaus nicht behauptet werden, dass es unmöglich sei über die Witterung der nächst kommenden Tage begründete Voraussagungen zu machen; vielmehr hat gerade in neuester Zeit die wissenschaftliche Meteorologie den thatsächlichen Beweis geliefert, dass es allerdings möglich ist, auf höchstens zwei Tage zwar nicht mit absoluter Gewissheit, aber doch mit einem sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit die Witterung voraus zu bestimmen. Es beruht dies auf der Erkenntniss der Regelmässigkeit der meteorologischen Erscheinungen und dann besonders darauf, dass man die zu einer bestimmten Zeit bestehenden Witterungsverhältnisse von einem möglichst grossen Teil der Erdoberfläche erfahren kann. Als wichtigstes ja als einziges Instrument die Vorgänge in der Atmosphäre erkennen und in Zahlen ausdrücken zu können bietet sich das Barometer dar. Würde die Luft allein auf die Quecksilbersäule in der Glasröhre drücken, so müsste die Säule das ganze Jahr hindurch unbedeutende Schwankungen abgerechnet dieselbe Höhe beibehalten. Allein neben dem constanten Druck der Luft wirkt noch ein ausserordentlich veränderlicher Faktor auf das Barometer, nämlich die Wasserdämpfe, welche bald als expansives Gas, bald als tropfbare Flüssigkeit im Dunstkreis schweben. Beim Gebrauche muss vorerst die mittlere Barometerhöhe des Ortes d. i. die Höhe der Quecksilbersäule bekannt sein, welche der Erhebung des Ortes über dem Meeresspiegel entspricht, wenn am Strande des Meeres 760 mm als normaler Barometerstand angenommen sind. Ferner gehört zur genauen klimatischen Kenntniss eines Ortes die Bestimmung der barometrischen Windrose

d. h. die Angabe der Barometerhöhen, welche den verschiedenen Windrichtungen entsprechen. In Deutschland fällt der tiefste Barometerstand mit dem Süd- und Südwestwind, der höchste mit dem Nord- und Nordostwind zusammen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nahe. Die Süd- und Westwinde führen die durch die Sonnenwärme erzeugten Wasserdünste des mittelländischen und atlantischen Meeres über den europäischen Continent hin. Diese Dämpfe kommen in unsern Breiten in kühlere Luftschichten, wo sie ihre Spannung verlieren, condensiren und als Regen niederfallen. Durch die Condensation der Wasserdämpfe scheidet aber ein wesentlicher Bestandteil aus der Luft aus, wesshalb sich ihr Gewicht also auch ihr Druck auf das Quecksilber vermindert, und das Barometer sinkt. Der Luftdruck lässt auch dann nach, wenn zwar an der Erdoberfläche der Polarstrom noch weht, sich aber in den Höhen der Atmosphäre der Aequatorialstrom bereits Bahn gebrochen hat, da wegen der wärmeren und dünneren Luft dieses Stromes und der matteren Spannung der Dämpfe das Gewicht der Luftsäule sich vermindert. Der Nord- und Ostwind führt uns die kalte also dichte und schwere Polarluft zu, und da diese Luftströmung über weit ausgedehnte Länderstrecken zu uns kommt, so ist sie arm an Dämpfen und trocken. Diese kalte und trockene Nordluft gelangt in unsern Breiten in wärmere Luftschichten und entfernt sich da immer mehr von ihrem Sättigungspunkt, wodurch sie eine grosse Fähigkeit erlangt die Dämpfe in Wassergas zu verwandeln, dessen Expansion mit zunehmender Erwärmung fortwährend wächst. Wir haben also in diesem Falle nicht bloss den Druck der Luft, sondern auch den des Wassergases auf das Barometer, daher die Quecksilbersäule in der Glasröhre steigen muss.

Nach diesen Angaben ist es wohl nicht mehr schwer zu bestimmen, inwiefern das Barometer ein Wetterglas genannt werden kann. Es gibt die Grösse des Luftdruckes und die Expansion der Wasserdämpfe an, und seine Aussagen beruhen auf der freilich nicht immer zutreffenden Voraussetzung, dass der verminderte Luftdruck jedesmal Condensation und Niederschlag der Wasserdämpfe anzeige. Das Barometer sinkt auch, wenn heftige Winde durch die Atmosphäre ziehen, weil diese die Luft auflockern und dünner machen. Desshalb sind die Aussagen des Barometers besonders zur Zeit der Aequinoctien unsicher, weil zu der Zeit in den hohen Regionen der Luft oft bedeutende Windströmungen stattfinden, deren Vorhandensein uns auf der Oberfläche der Erde nicht wahrnehmbar wird. Auffallend rasches Sinken der Quecksilbersäule ist das Signal von dem Herannahen eines Sturmes, dessen oberer Wirbeltrichter in den Höhen der Luft meist voraus eilt, während das untere Ende desselben durch Hindernisse auf der Erde gehemmt etwas langsamer

fortschreitet. Hierauf gründen die Sturmwarnungen, eine Leistung der praktischen Meteorologie, die sich für Schiffahrt und Handel bereits so trefflich bewährt haben, und von denen man hoffen darf, dass sie auch der Landwirthschaft noch zu gute kommen werden.

Zu einer wissenschaftlichen Erkenntniss der meteorologischen Erscheinungen ist eine genaue Kenntniss des Verlaufes derselben während des unmittelbar vorher gehenden möglichst langen Zeitraumes und hierzu wieder regelmässige Aufzeichnung des Druckes und der Temperatur der Luft, der Richtung und Stärke des Windes, der Ansicht des Himmels, ob dieser heiter oder bedeckt ist, der Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge an möglichst vielen Orten und zu vielen Tagesstunden die unerlässliche Vorbedingung. Dazu gehört vor Allem, dass die mittleren Temperaturen für die einzelnen Tage, Monate und für das Jahr oder die Isothermen für diese Zeitabschnitte und ebenso die mittleren Barometerstände oder die Isobaren für jeden Tag, jeden Monat und für das Jahr durch entsprechende Linien auf Karten verzeichnet werden.

Soll nun auf Grund der erkannten Gesetzmässigkeit der meteorologischen Erscheinungen aus der unmittelbar voraus gehenden und gegenwärtigen Beschaffenheit der Atmosphäre ein Schluss auf die bevorstehende Art der Witterung gemacht werden, so muss der Meteorologe in den Stand gesetzt sein, die augenblickliche Beschaffenheit des Wetters nicht bloss an seinem Aufenthaltsorte, sondern für ein möglichst ausgedehntes Gebiet zu überschauen. Das wird durch die in den meisten europäischen und in den vereinigten Staaten von Nordamerika ins Leben getretene Wettertelegraphie ermöglicht, deren Aufgabe es ist, den Stand der Witterungsverhältnisse, wie er im nämlichen Augenblicke und zwar meist mehrmals täglich an zahlreichen über ein möglichst grosses Gebiet passend verteilten Stationen beobachtet worden ist, einer meteorologischen Centralstation zu melden, auf welcher Centralstelle dann die von allen Seiten her telegraphisch zuströmenden Angaben zu einem Gesamtbilde des jeweiligen Witterungsstandes zusammen gestellt werden. So wird der Verlauf der Isothermen, Isobaren, der Stärke und Richtung des Windes und der Luftfeuchtigkeit kartographisch veranschaulicht, woraus dann ein deutliches Bild von dem Fortschreiten der thermischen und barometrischen Maxima und Minima gewonnen werden kann. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Gange eines barometrischen Minimums dann zugewendet, wenn mit diesem etwa ein sturmartiger oder wirklicher Sturmgradient verbunden ist, in welchem Falle jenen Gegenden, denen dieses Minimum sich nähert, telegraphische Meldung gemacht wird, welche Sturmsignale natürlich für die Küstenbewohner von der grössten Wichtigkeit sind.

Uebrigens bilden sich die Witterungsverhältnisse nicht erst bei uns in der gemässigten Zone, sondern die beiden grossen Räume, aus denen uns heiterer Himmel, Regen oder Sturm zugesendet wird, sind die tropische und die Polarzone und in unsern Breiten geschieht nur der Ausgleich dieser beiden in stetem Kampfe liegenden natürlichen Extreme. Speziell für Europa kommt noch als dritter wesentlicher Faktor der Golfstrom in Betracht, dessen warme Gewässer aus dem mexikanischen Meerbusen hervorbreachen, den nördlichen Teil des atlantischen Ozeans durchschneiden und die West- und Nordküsten von Europa bespülen. Ueber diesem ungeheuren Meeresstrom bilden sich je nach dem Siege des Polar- oder Aequatorialstromes die barometrischen Maxima und Minima, die dann in westöstlicher Richtung in schwachen Kurven über den europäischen Continent hinziehen. Die Faröer und die Nordküsten von Irland im Norden und die Küsten der pyrenäischen Halbinsel im Süden erscheinen daher als die am weitesten vorgeschobenen Posten, welche Meldung der bevorstehenden Witterung geben können.

13. Abschnitt.

Die Seeströme.

§ 1.

Die Ursachen der Seeströme.

Die Seeströme sind flussartige Strömungen des Meerwassers, welche mit verschiedener Breite ein Meer durchschneiden, während nahe Wasserschichten unbewegt gleichsam die Ufer eines solchen Stromes bilden. Diese Strömungen, die sich in allen Meeren auch in Binnenmeeren vorfinden, zeigen aber manchmal eine so verwickelte Erscheinung, dass die Ursachen und Gesetze, nach welchen dieselben sich bilden, zur Zeit erst bei nur wenigen bekannt sind; hat man doch um diese richtig erkennen zu können, die thermischen Verhältnisse der Gewässer, Ebbe und Flut, die Rotation der Erde, die Stärke und Dauer der herrschenden Winde, den Salzgehalt und das spezifische Gewicht des Wassers in den verschiedenen Tiefen in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Zur Erklärung dieser Meeresströme kann man zwei Gruppen von Behauptungen hervorheben; die eine Gruppe will die Rotation der Erde allein als Ursache erkennen, die andere will nur die thermischen Einwirkungen der Sonne und in deren Folge die constanten Windströmungen in den Passatregionen als bewegende Ursache aufstellen. Das Richtige

wird wohl sein, die Sonnenwärme als das *primum Agens* anzusehen und aus der Rotation der Erde manche Deviationen der Wassermassen zu erklären.

Die Hauptursache der Meeresströme ist sicherlich die Sonnenwärme. Da, wie oben angegeben ist, in den Tropen allein jährlich ungefähr 1600 Cubikmeilen Wasser verdunsten und die erwärmten Gewässer daselbst spezifisch leichter werden, so ist es zum Ausgleich des gestörten Gleichgewichtes notwendig, dass von den Polen her das kältere also schwerere Wasser nachdrückt und nach den Aequatorialgegenden hinfliesst, um die daselbst durch die Verdunstung gleichsam entstandenen Höhlungen wieder auszufüllen. Da aber in der tropischen Zone die Erwärmung und Verdunstung nicht zugleich an allen Punkten statt hat, sondern täglich von Ost nach West fortschreitet, so muss das Meerwasser mit Notwendigkeit von West nach Ost den Kreislauf vollenden. Dazu kommt noch, dass die Achsendrehung der Erde von West nach Ost vor sich geht, wodurch die Deviationen der Meeresströme nach Osten, welche von den Aequatorialgegenden gegen die Pole hin abfliessen, wegen der grösseren Geschwindigkeit der Wassermassen am Aequator ihre Erklärung finden. Es müssen also zwei Gattungen von Seeströmen unterschieden werden, nämlich die äquatorialen oder warmen und die polaren oder kalten Strömungen des Meerwassers.

Für die Bewegungen des erwärmten Wasser in den Tropen liegt der richtige Erklärungsgrund in den constanten Winden oder Passaten, die das ganze Jahr hindurch in der gleichen Richtung von Ost nach West wehen, die freilich als letzte Ursache ihres Daseins wieder die Sonnenwärme haben. Wir sehen ja schon an kleinen Wasserflächen, dass der Wind, wenn er längere Zeit anhaltend nach dem gleichen Striche weht, die Wellen nach dem gegenüberliegenden Ufer hintreibt. Wenn also wie bei den Passaten die Luft ohne Unterbrechung während unermesslich langer Zeiträume stets in der gleichen Richtung auf die Oberfläche des Wassers drückt, so wird dieses schliesslich wegen der Reibung der Luft an der Oberfläche des Wassers und wegen der leichten Verschiebbarkeit der Wasserteile in der Richtung des andauernden Druckes in Bewegung kommen, wodurch die sogenannten Driftströme von Ost nach West nördlich und südlich vom Aequator sich ergeben. Der Wind wirkt allerdings nur an der Oberfläche des Wassers; allein vermöge der Cohäsion der Wasserteilchen unter einander muss die oberste Wasserschichte die nächst folgende in gleichem Sinne in Bewegung setzen u. s. f. immer die nächstfolgende Schichte, so dass in genügend langer Zeit der Driftstrom bis in jede beliebige Tiefe die Meerewässer in Bewegung setzen wird. Zöppritz hat diese Ansichten in mehreren Abhandlungen, die er in der Gaa und a. a. O. ver-

öffentlich hat, begründet und dadurch für immer Bahn für die richtige Erkenntniss dieser Erscheinungen gebrochen. Dieser Gelehrte kommt zu dem Schlusse, dass momentane Störungen des Gleichgewichtes an der Wasseroberfläche durch Stürme sich nur bis in unbedeutende Tiefen fortpflanzen, dass periodisch wiederkehrende sich allerdings tiefer abwärts eingraben, ohne aber anhaltend zu sein, dass dagegen andauernde Bewegungen an der Oberfläche sich schliesslich bis in jede beliebige Tiefe fortsetzen.

Um die Deviationen der einzelnen Meeresströme zu erklären, hat man die Achsendrehung der Erde und die grössere Geschwindigkeit der Aequatorialgegenden gegen jene der höheren Breiten, besonders die Configuration der Meeresbecken und die Richtung der submarinen Gebirgszüge, die sich ja oft bis wenige hundert Meter unter dem Meeresspiegel erheben, in Betracht zu ziehen. Für die Strömungen in Binnenmeeren ist vorzüglich noch der Zufluss des Süsswassers der Flüsse dem Salzwasser des Meeres gegenüber Maass gebend, da das spezifische Gewicht des süssen zu dem des Meerwassers sich wie 1 : 1,027 oder wie 62 Pfd. : 63,7 Pfd. per pr. Cubikfuss verhält.

§ 2.

Die Ströme des atlantischen Oceans.

Die Gebiete dieses Meeres nördlich und südlich vom Aequator sind von den Passaten beherrscht; dem entsprechend treten auch die Meeresströme daselbst in ostwestlicher Richtung auf. Die Aequatorialdrift des Nordostpassates beginnt den Lauf nördlich von den Capverdischen Inseln und wendet sich gegen die kleinen Antillen; die Drift des Südostpassates oder der Guineastrom verschiebt sein Gebiet oft bis 2° oder 3° nördl. Breite und wendet sich gegen die Küste von Brasilien an den vorspringenden Winkel des Cap Roque. Zwischen diesen beiden ostwestlichen Meeresströmen geht von den Antillen aus eine äquatoriale Gegenströmung in westöstlicher Richtung entgegen, die im Meerbusen von Guinea endet. Am Cap Roque teilt sich der Strom in zwei Zweige; der nördliche geht in einiger Entfernung von der südamerikanischen Küste hinauf nach Norden und dringt durch die Antillenkette zum Teil in das Caraibenmeer und den mexikanischen Golf ein, während der andere Teil östlich von den Antillen fortströmt, den Strom des Nordostpassates verstärkt und sich bei den Bahamainseln mit dem aus dem mexikanischen Golf bei Florida hervor brechenden Golfstrom verbindet.

Dieser mächtige Meeresstrom eilt mit einer anfänglichen Geschwindigkeit von 10 Kilometer in der Stunde und einer Temperatur

von 30° in der Nähe der nordamerikanischen Küste und mit einer Tiefe von 560 m nach Norden und wendet sich bei Cap Hatteras nach Nordost in immer breiter werdender Strömung südlich an Neubraunschweig und Newfoundland vorüber. Ungefähr in der Mitte des atlantischen Oceans spaltet sich der über 10° breite Strom wahrscheinlich in Folge submariner Gebirgszüge; ein Zweig fliesst nach Norden der Westküste Grönlands entlang und verliert sich in der Davisstrasse; der Hauptstrom ergiesst sich zwischen Island, Grossbritannien und Skandinavien ins nördliche Eismeer und ist an der Temperatur des Wassers noch bis Spitzbergen, Nowaja Semlia und im karischen Meere ungefähr 1000 Meilen von seinem Ursprung entfernt zu erkennen. Der Warmwasserheizung des Golfstromes, der die Küsten von ganz Westeuropa bespült, verdankt Europa zumeist seine verhältnissmässig hohe Temperatur; denn während Norddeutschland eine mittlere Temperatur von -2° hat, besitzt der Golfstrom in dieser Breite noch $+8^{\circ}$ und selbst am Nordcap immer noch beinahe $+5^{\circ}$. Würde der Golfstrom mit seinem warmen Wasser nicht beständig die Luft über Europa erwärmen, so würden Skandinavien und Russland mit Gletschern bedeckte Länder wie Grönland sein und Deutschland das traurige Klima von Labrador haben. Ohne Uebertreibung kann man sagen, dass der Golfstrom nicht bloss der Träger der wärmeren Temperatur in Europa, sondern auch der der europäischen Kultur und deshalb die grösste Wohlthat nicht bloss für Europa, sondern für die ganze Erde ist. Ein südlicher Zweig, die Rennelströmung, fliesst nördlich von den Azoren direkt nach Osten in den biskaischen Meerbusen und von da gegen die Küste von Irland hin. Eine geringe Strömung dieses Rennelstromes wendet sich an der spanischen und afrikanischen Küste nach Süden, um sich mit der Drift des Nordostpassates wieder zu verbinden. Die Mitte des atlantischen Oceans oder das Sargasso-Meer, ein mit Seetang bedecktes Hochplateau, ist vom Golfstrom vollständig umflossen, da das Grasgestripp desselben dicht genug ist, um eine Strömung in diesem Teile des Meeres zu verhindern.

An drei Stellen drängt die kalte Polarströmung gegen das Wasser des Golfstromes an: 1) Aus der Davisstrasse ergiesst sich eine kalte Strömung aus dem arktischen Meere an der Ostküste von Baffinsland und Labrador hinab und dringt zwischen die Unionsküsten und den Golfstrom hinein, bis sie in der Breite von Virginien als Unterstrom verschwindet; 2) zwischen Island und Grönland kommt eine Strömung hernieder, die aber bald Unterstrom wird; 3) dasselbe ist der Fall bei dem Polarstrom, der neben dem hier bereits sehr schwachen Golfstrom westlich und östlich von den Spitzbergen herabkommt.

Der Driftstrom des Südostpassates spaltet sich, wie oben angegeben ist, am Cap Roque in zwei Arme. Der südliche strömt als Brasilströmung längs der Küste Südamerika's hinab und teilt sich in der Breite von Rio wieder in zwei Ströme, deren einer in der Nähe der Küste bleibt, während der andere in einer scharfen Kniewendung nach Osten abbeugt und sich am Cap mit dem antarktischen Cap Horn Strom zum Benguelastrom vereinigt, der an der Westküste Afrika's hinauf strömt und im Guineabusen sich mit der Drift des Südostpassates verbindet. Eine kalte Strömung vom Cap Horn her, die aber bald Unterstrom wird, ergiesst sich auch hier zwischen der Ostküste von Südamerika und der Brasilströmung.

Durch die Mitte der Strasse von Gibraltar tritt eine Abzweigung des nach Süden gehenden Golfstromes ins Mittelmeer, während an beiden Ufern Gegenströmungen ins atlantische Meer stattfinden. Der eintretende Strom fliesst längs der afrikanischen Küste bis Palästina an der syrischen Küste nach Norden und Kleinasien entlang wieder zurück durch das inselreiche ägäische Meer an die Küsten von Italien. Durch den Bosporus und die Dardanellen kommt ein ziemlich starker Strom aus dem asowischen und schwarzen Meer, das durch die bedeutenden europäischen Ströme eine Menge Süsswasser zugeführt erhält, ohne dass hier die Verdampfung durch die Sonnenwärme noch in dem Maasse vor sich geht wie im mittelländischen Meere. Aus der Adria kommt längs der dalmatinischen Küste eine schwache Strömung nach Süden und ebenso an den Küsten von Frankreich und Spanien gegen die Strasse von Gibraltar hin.

In der Nordsee erkennt man deutlich zwei Strömungen. Die Oberströmung kennzeichnet sich als ein Teil des Golfstromes, der durch den Kanal eingedrungen und das Meer quer bis Jütland durchschneidet; der Strom in der Tiefe ist kalte Polarströmung. Bei dem Binnenmeere der Ostsee, deren Salzgehalt wegen der vielen Flussmündungen mit süßem Wasser sehr merklich geringer als in andern Meeren ist, kann man am Skager Rak wieder zwei Strömungen unterscheiden, nämlich die ausfliessende Oberströmung oder den Ostseestrom und die aus der Nordsee kommende Unterströmung oder den Nordseestrom.

§ 3.

Die Ströme des grossen Oceans.

Da sich dieses grösste Meer der Erde in der Nähe des Aequators über nahezu 120° ausgedehnt, so kommen in den beiden Passatregionen die äquatorialen Strömungen voll zur Geltung. Die

Drift des Nordostpassates hat ihre nördliche Grenze bei 20° n. Br., jene des Südostpassates ihre südliche ungefähr bei 10° s. Br. wird aber durch die Inseln und Riffe von Polynesien häufig unterbrochen; zwischen diesen beiden Strömungen beginnend bei den Molukken tritt die äquatoriale Gegenströmung auf, die im Meerbusen von Darien an der amerikanischen Küste endet. Die südliche Drift spaltet sich ohne Zweifel in Folge der vielen Untiefen des Meeres in mehrere Zweige, deren nördlicher bei Neuguinea endet, und deren mittlerer durch die Torresstrasse fliesst und sich im asiatischen Archipelagus verliert. Der südliche Zweig teilt sich wieder; eine Strömung fliesst an der Ostküste von Neuholland, eine andere östlich von Neuseeland nach Süden und beide verlieren sich nach ihrer Wiedervereinigung im antarktischen Meere. Aus diesem südlichen Eismeer bricht eine sehr mächtige kalte Strömung hervor, die sich westlich von der Südspitze Südamerika's teilt; der südliche Zweig tritt als Cap Horn Strom in den atlantischen Ozean über, der nördliche ergiesst sich längs der Westküste Südamerika's und verlässt diese erst in der Breite der Galapagosinseln, um mit dem südlichen Äquatorialstrom nach Westen zu eilen.

Der Nordäquatorstrom beugt östlich von den Philippinen nach Norden gegen die Insel Formosa hin; dort zweigt ein kleiner Ast ins gelbe und japanische Meer ab, in welchen Meeren längs den Küsten kalte Ströme aus dem ochotzkischen Meere zu beiden Seiten der Insel Sachalin niedergehen. Der Hauptast, der Kuro-Siwo d. h. schwarzer Strom wegen seines tiefblauen Wassers so genannt, wendet sich nach Nordost an die japanischen Küsten und spaltet sich in der Breite von Tokio fächerartig in mehrere Ströme, die mit kalten Strömungen, welche aus dem Behringsmeere von Norden nach Süden fliessen, untermischt gegen die Behringsstrasse sich hinwenden. Der südliche Zweig des Kuro-Siwo, der mit dem Golfstrom des atlantischen Meeres in Bezug auf parallele Richtung und Wärme des Wassers die grösste Aehnlichkeit zeigt, wendet sich südlich von den Aleuten an die Westküste von Nordamerika, wo er sich in zwei Richtungen spaltet, deren eine nördlich gegen Alaska hin, die andere südlich abbeugt und in der Nähe der Küste bis San Franzisko hin erkannt wird.

Aus der Behringsstrasse kommt eine sehr kräftige Polarströmung herab, welche die Aleuten durchbricht, als Unterstrom des Kuro-Siwo hinfliesst, südlich davon wieder auftaucht und die californischen Küsten bespült, bis sie im Bereich des Nordostpassates in den nordäquatorialen Strom übergeht.

§ 4.

Die Ströme des indischen Oceans.

Eine nordäquatoriale Strömung kann in diesem Meere, da der Nordostpassat einerseits durch die Monsune verdrängt ist, andererseits der asiatische Archipel und die vorspringenden Ländermassen von Hinter- und Vorderindien stören, nicht zur Geltung kommen. Am Aequator selbst ist eine Gegenströmung, die an der afrikanischen Küste bei Sansibar beginnt, bis an die Gestade von Sumatra hin bemerkbar. Desto kräftiger tritt in der Region des Südostpassates die südäquatoriale Strömung auf. Die Südküsten von Australien werden von starken antarktischen Strömen gespült; ebenso ergiesst sich an der Westküste Australiens ein breiter Strom aus dem südlichen Eismeer, bis er in der Region des Südostpassates in die südäquatoriale Strömung übergeht. Vor Madagaskar teilt sich der Strom; ein Teil erreicht nördlich von Madagaskar die afrikanische Küste und fliesst in ziemlich reissendem Laufe durch den Kanal von Mozambique längs der Küste nach Süden, wo er als Agulhasstrom bekannt ist. Südlich vom Cap wendet sich dieser warme Strom in einem sehr scharfen Winkel vor dem andrängenden kalten Cap Horn Strom gegen Osten zurück, vereinigt sich wieder mit dem Aste des südäquatorialen Stromes, der östlich von Madagaskar nach Süden beugt, und verliert sich im südlichen Eismeere.

Im Norden des indischen Oceans liegt das Gebiet der Monsune, von denen früher gehandelt worden ist. Diesen Winden entsprechend bilden sich auch daselbst und im roten Meere je nach der Jahreszeit die Seeströme.

14. Abschnitt.

Das Verhältniss der Atmosphäre zum Lichte.

§ 1.

Durchsichtigkeit der Luft.

Die Luft besitzt die Eigenschaft der Durchsichtigkeit in sehr hohem Grade; doch ist dieselbe nicht zu jeder Zeit und an jedem Orte die gleiche, da in der Luft oft fremde Stoffe sich finden, welche diese Eigenschaft entweder vermindern oder vermehren. Staub, Nebel, Rauch vermindern, das Wasserstoffgas erhöht den Durchsichtigkeitsgrad in ausserordentlicher Weise. Es ist deshalb die Annahme nicht ohne Grund, dass, wenn ferne Gebirge dem Auge

sich mit grosser Klarheit zeigen, diess ein Anzeichen von nahem Regen sei, weil in diesem Falle jedesmal sehr viel Wasserdampf in der Luft schwebt. Daraus erklärt sich auch die ausserordentliche Klarheit der Luft in südlichen Gegenden in der Nähe des Meeres; besonders sind die Tropen, Arabien und die Westküste von Südamerika ausgezeichnet. Doch nicht nur fremde Stoffe, sondern die Atmosphäre selbst vermindert auch die Stärke des Lichtes beim Durchgang durch dieselbe, da das dichtere Medium der Luft einen Teil der Lichtwellen unwirksam macht (absorbirt).

Maassgebend für diesen Punkt der kosmologischen Untersuchungen sind die Arbeiten von Clausius (Grunert's Archiv u. a. O.) über die Lichterscheinungen in der Atmosphäre und die Forschungen der Brüder Schlagintweit, welche diese Gelehrten in verschiedenen Höhen der Alpen vorgenommen haben und welche ergeben haben, dass ein guter Teil des Lichtes durch die Luft absorbirt wird, dass dagegen die Intensität des Lichtes mit der senkrechten Erhebung also auf hohen Bergen zunimmt.

Die Luft absorbirt aber nicht bloss einen Teil des ursprünglichen Lichtes, sie reflektirt auch in grossem Maasse das durch sie hindurch gehende Licht nach allen Seiten hin, wodurch die der Sonne zugewendete Hälfte der Atmosphäre in allen Punkten erhellt ist, dass selbst das Sternenlicht davon überstrahlt wird. Dieses diffus reflektirte Sonnenlicht ist die Tageshelle. Ohne diese Reflexion würde die Sonne als glänzende Scheibe auf schwarzem Grunde erscheinen. Als ein Märchen aber muss es bezeichnet werden, wenn man sagen hört, dass in bedeutenden Höhen wegen der sehr dünnen Luft oder aus tiefen Schachten, wo das Auge von der Tageshelle nicht geblendet ist, das Licht der Sterne auch am Tage wahrgenommen werden kann. Wenigstens führen Humboldt und die Brüder Schlagintweit ausdrücklich an, dass weder sie selbst etwas Aehnliches erfahren, noch von glaubwürdigen Zeugen gehört haben.

Clausius gibt in seinen neuesten Berechnungen der atmosphärischen Tageshelle, wenn die Lichtmenge, welche im Zenith der Tropen zur Erde gelangen sollte, mit 1 bezeichnet wird, folgende Zahlen für einige Zenithabstände an:

Zenith- distanz der Sonne	Menge des un- geschwächten Sonnenlichtes	Menge des durch die Atmosphäre geschwächten Lichtes	Menge des durch die Luft reflek- tirtten Sonnen- lichtes	ganze Menge des zur Erde gelan- genden Sonnen- lichtes
0°	1,000	0,750	0,186	0,936
30°	0,866	0,621	0,177	0,798
60°	0,500	0,281	0,138	0,419
80°	0,174	0,033	0,067	0,100

Die Zahlen zeigen deutlich an, dass die Beleuchtung des Himmelsgewölbes nicht an allen Punkten in gleicher Intensität da ist, sondern dass das Licht gegen den Horizont hin an Helligkeit abnimmt.

§ 2.

Die Färbung der Luft.

Es sind schon viele Untersuchungen darüber angestellt worden, warum die Luft die schöne blaue Farbe besitzt, d. h. warum sie vorzugsweise nur das blaue Licht des Sonnenspektrums reflektirt, die übrigen Strahlen aber durchlässt, ohne schon vollständige Klarheit hierüber erlangt zu haben. Die gewöhnliche Erklärung ist die, dass die Atmosphäre besonders in den untern Schichten immer mit einer grossen Menge Wasserdunst erfüllt ist, der in Form von feinen Bläschen in der Luft schwebt. Clausius nimmt an, dass bei heiterem Wetter diese Bläschen so dünne Wände haben, dass sie die blauen Strahlen reflektiren, während die Complementärfarbe des Orange wegen der grösseren Wellenlänge durchgeht. Wird die Luft feuchter, so verdicken sich diese Bläschen, wodurch nach der Theorie der dünnen Plättchen auch andere Farben reflektirt werden (die Newton'schen Farbenringe). Aus der Menge des vorhandenen Wassergases werden sich immer neue Bläschen bilden, welche nur die blauen Strahlen reflektiren, so dass das ursprüngliche Blau zwar bleibt, aber immer unbestimmter wird. Mit zunehmender Dicke der Bläschen erscheinen Nebel und Wolken, welche das weisse Licht der Sonne reflektiren, ohne die prismatischen Strahlen hervor treten zu lassen.

Steigt man bei heiterem Himmel im Gebirge aufwärts, so geht die Farbe des Himmels in immer tieferes Blau über, wie man sich höher über die unteren mit Wasserdunst gefüllten Schichten der Luft erhebt. Die verschiedenen Grade der blauen Farbe des Himmels hat man gefunden, indem man eine weisse mit stets gleicher Geschwindigkeit rotirende Scheibe mit verschiedenen grossen Sektoren von tiefblauer Farbe bedeckt, bis der Eindruck der Bläue des Himmels und der Scheibe im Auge derselbe ist. Die Brüder Schlagintweit fanden in den Alpen mittels eines solchen Kyanometers die Bläue der Luft in folgenden Prozenten, welche die rotirende Scheibe mit blauer Farbe bedecken, ausgedrückt:

Höhe	blaue Sektoren	Höhe	blaue Sektoren
650 m	40 %	2600 m	64 %
1300 m	43 %	3200 m	80 %
1900 m	47 %	3900 m	92 %

In der Höhe von ungefähr 2000 m haben die Beobachter sich über das Meer der Wasserdämpfe in den unteren Schichten der Atmosphäre erhoben, wodurch sich die rasche Zunahme der Bläue der Luft erklärt.

Es ist noch jene herrliche rote und gelbe Färbung des Himmels zu erwähnen, welche des Morgens oder Abends den östlichen oder westlichen Himmel oft weithin bedeckt und als Morgen- und Abendröte bekannt ist. Die Abendröte ist am schönsten, wenn bei hellem Himmel einzelne Wölkchen oder leichte Federwolken am westlichen Himmel schweben, welche die sinkende Sonne, während die Erde schon im Schatten liegt, mit herrlichen goldgelben und roten Tönen färbt. Früher erklärte man das glanzvolle Phänomen dadurch, dass man annahm, die Luft reflektire die blauen Strahlen, lasse aber die roten durch. Erst in neuester Zeit hat der Schotte Forbes zuerst eine richtige Erklärung gegeben. Hienach ist die Ursache der roten Färbung nicht in der Luft selbst, sondern in den in derselben schwebenden Dunstbläschen und Staubteilchen zu suchen. Während nämlich das durchsichtige Wassergas in den oberen Luftschichten vorzugsweise die Strahlen mit langen Wellen also rot und gelb durchlässt und die mit kurzen Wellen also die blauen und violetten reflektirt, werden in den unteren durch Staub und sich verdichtende Dunstbläschen getrübten Luftschichten nur die roten und gelben langwelligen Strahlen durchgelassen, die kurzwelligen aber absorbirt, gerade so wie das Sonnenlicht rot erscheint, wenn es durch Rauch oder berusstes Glas gegangen ist. Diese Rötung des durchgelassenen Lichtes muss dann besonders hervor treten, wenn die Sonne nahe am Horizonte steht, weil da die Strahlen den weiten Weg durch die unteren Luftschichten zu machen haben.

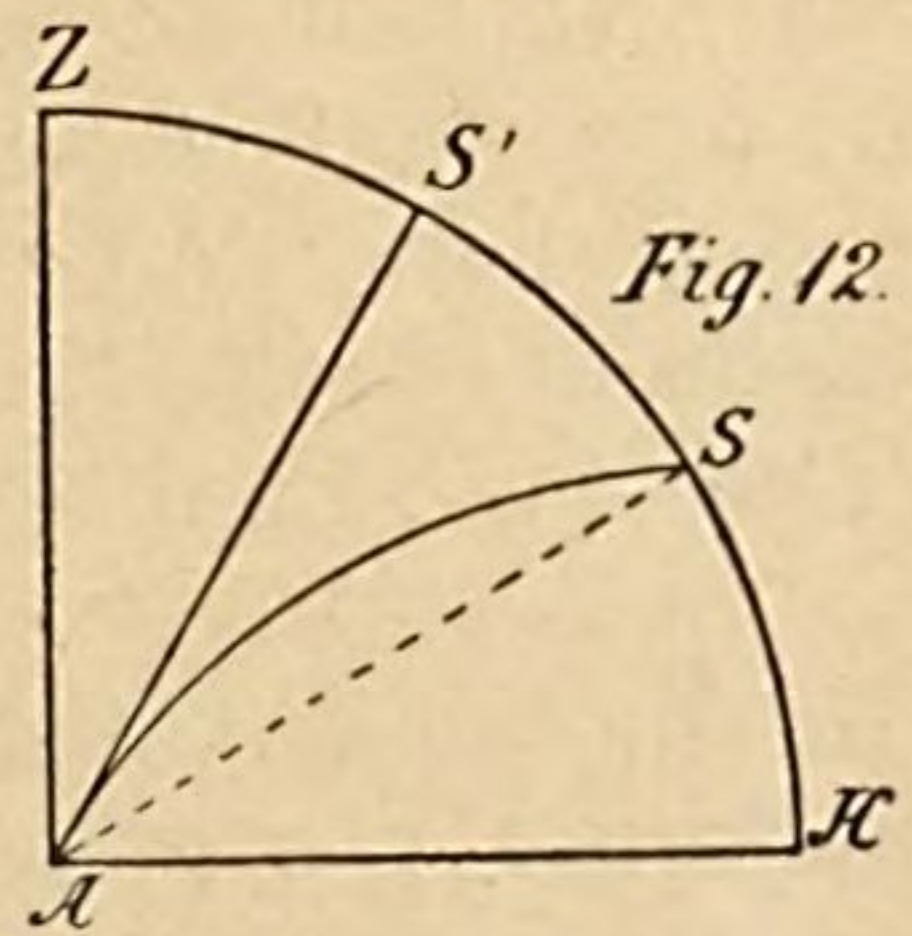
Die Morgen- und Abendröte ist natürlich nur dann möglich, wenn die Sonnenstrahlen nicht durch dicke, undurchsichtige Wolken aufgehalten werden; umgekehrt lässt sich aus der Erscheinung schliessen, dass der Himmel im Osten und Westen auf weite Entfernung hin wolkenfrei ist. Abendrot wird dann besonders schön eintreten, wenn die Wasserdämpfe der Luft kurz vor Sonnenuntergang sich zu verdichten beginnen, was anzeigt, dass sie während der Nacht als Thau niederfallen, dass also für den nächsten Morgen heiterer Himmel zu erwarten ist. Morgenrot wird sich zeigen, wenn durch feuchte westliche Winde so viel Wasserdunst herbei geführt wird, dass die Verdichtung frühzeitig vor Sonnenaufgang beginnt; meist nach kurzer Zeit zeigen sich in der Höhe Wolken und stellt sich Regen ein. Dagegen wird bei trockener Luft eine Bildung einer hinreichenden Menge Wasserdampf, durch dessen beginnende Verdichtung ein Morgenrot erzeugt werden könnte, erst nach Sonnenaufgang erfolgen, also ein Morgenrot nicht eintreten.

§ 3.

Astronomische Refraktion. Funkeln und Farben des Sternenlichtes (Spektralanalyse).

Das Licht der Sterne kommt ins Auge durch das Medium der Luft, welche von oben nach unten proportional der Höhe über der Erde an Dichte zunimmt. Wenn aber ein Lichtstrahl aus einem dünneren Medium in ein dichteres übergeht, so wird er von der geraden Richtung abgelenkt und erfährt eine Neigung zum Lote d. h. zu der Geraden, welche auf die Uebergangsebene der beiden Medien senkrecht gezogen ist.

Kommt der Lichtstrahl von S , so gelangt er auf der krummen Linie AS durch die Atmosphäre ins Auge A . Da wir aber nur in der geraden Richtung der Tangente AS' sehen können, so erscheint uns der Stern in S' also etwas gegen das Zenith Z gehoben. Die Refraktion verkleinert demnach die Zenithdistanzen der Sterne; sie ist im Zenith Null und am Horizonte am grössten und beträgt daselbst ungefähr 33 Minuten.

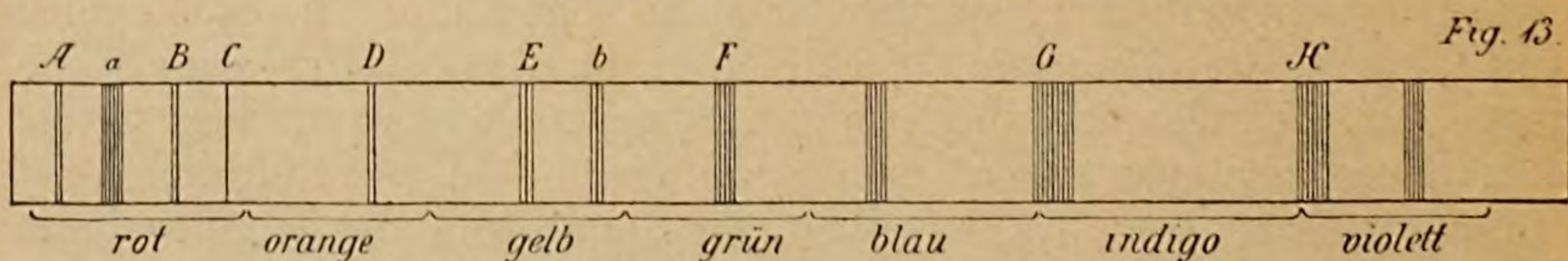


Eine Folge der Refraktion ist die Beschleunigung des Aufganges und die Verzögerung des Unterganges eines Sternes z. B. der Sonne, da wir morgens ihre Strahlen schon und abends sie noch sehen, wenn die Sonne in Wirklichkeit $\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte sich befindet, wodurch morgens und abends der Tag um je 2 Minuten verlängert wird. Eine weitere Folge der Refraktion ist die vergrösserte und ovale Gestalt der Sonne und des Mondes beim Auf- und Untergang. Der untere Rand dieser Himmelskörper wird in Folge der Lichtbrechung sowohl durch die Luft als vorzüglich durch die auf der Erde lagernden Dünste mehr als der obere gehoben. Dadurch und durch die Lichtzerstreuung der Wasserdämpfe erscheint die ovale und vergrösserte Gestalt dieser Gestirne.

Das Funkeln oder Glitzern des Sternenlichtes, das nur an den Fixsternen nicht aber an den Planeten wahrgenommen wird, ist eine Erscheinung, die wahrscheinlich auf einer ungleichen Brechung des von diesen Sternen ausgehenden Lichtes beruht, gleichwie das scheinbare Zittern der Gegenstände in bewegter oder erhitzter Luft von der ungleichen Dichtigkeit der Luftschichten und in Folge dessen von der ungleichen Strahlenbrechung herrührt. Die Fixsterne werden nämlich selbst in den stärkst vergrößernden Refraktoren nie anders denn als unteilbare Punkte erkannt. Wenn das von diesen Punkten ausgehende Licht in unsere Atmosphäre gelangt, werden die Strahlen

des Lichtes während ihres Weges durch kältere und wärmere Luftschichten ungleich gebrochen, dass sie in ungleichen Richtungen in unser Auge gelangen, wodurch der Eindruck der Unruhe dieses Lichtes erzeugt wird. Je niedriger ein Stern am Horizonte steht, desto mehr muss nach dieser Ansicht sein Licht zittern, was auch in der That der Fall ist. In den Tropen hört das Funkeln des Fixsternlichtes wegen der Gleichmässigkeit der Erwärmung der Luft fast ganz auf, so dass dort die Sterne in einer Höhe von 20° über dem Horizonte in ruhigem Lichte glänzen. Da die Planeten als Scheiben mit messbarem Durchmesser erscheinen, an welchen jeder Punkt in reflektirtem Lichte glänzt, so können die einzelnen Strahlen wie z. B. beim Monde sich ausgleichen, wodurch wir den Eindruck des ursprünglichen, ruhigen Lichtes erhalten.

Nach der Vibrations- oder Undulationstheorie besteht das Licht in einer Wellenbewegung des allwärts verbreiteten feinsten Fluidums, des Aethers, und zwar schwingen diese Wellen senkrecht zur Fortbewegung. Seitdem Fraunhofer in München (1814) das weisse Licht der Sonne durch ein Glasprisma geleitet und dadurch gezeigt hat, dass das weisse Licht aus einer grossen Anzahl farbiger Strahlen besteht, von denen wir sieben deutlich unterscheiden können, hat die Wissenschaft nicht mehr aufgehört, die Zusammensetzung dieses Spektrums zu prüfen und daraus Schlüsse über das Wesen des Lichtes und der dasselbe aussendenden Körper abzuleiten. Die sieben Farben des Spektrums erscheinen in dieser Ordnung.



Diese Farben des Spektrums sind einfach d. h. sie können durch ein Prisma nicht weiter zerlegt werden. Sammelt man diese sieben farbigen Strahlen wieder durch ein zweites Prisma, dessen brechender Winkel die entgegen gesetzte Lage von dem des ersten hat, so erhält man wieder das weisse Licht. Wird in der Richtung des gebrochenen Lichtes dicht hinter dem Prisma ein Fernrohr so aufgestellt, dass es ein deutliches Bild des Spektrums gibt, so erblickt man die von Fraunhofer entdeckten dunklen Linien, die senkrecht zur Länge des Spektrums in obiger Anordnung verteilt sind. Kirchhoff und Andere haben mittels vollkommener Apparate an tausend solcher Linien im Sonnenspektrum gefunden. Nähme die Länge der Wellen vom violetten bis zum roten Lichte in so vielen und kleinen Abstufungen zu, dass die Unterbrechung unmerkbar wäre, so müsste das Spektrum eine ununterbrochene Folge von Farben enthalten; fehlt aber in der Reihenfolge eine Farbe d. h. die an diese Stelle

gehörige Lichtwelle, so erscheint an diesem Platze ein dunkler Zwischenraum. Die dunklen Striche sind also Lücken im Sonnenspektrum, welche das Fehlen einiger Wellensysteme anzeigen.

Auch die Spektren irdischer Stoffe wurden untersucht, indem sie in glühende Dämpfe verwandelt wurden. Natriumdampf zeigt einen intensiv gelben, Kaliumdampf einen dunkelroten und violetten, Wassergas einen roten, grünen und blauen Streifen als Spektrum u. s. w. jedes Metall charakteristisch anders. Die glühenden Dämpfe und stark verdichteten Gase zeigen ein bandförmiges Spektrum; Eisen oder Platin in Weissglühhitze, dann Leuchtgas wegen der darin befindlichen Kohlenteile zeigen ein continuirliches d. h. ein Spektrum mit allen Farben ohne die Fraunhofer'schen Linien. Befindet sich ein fester oder flüssiger Körper noch nicht in weissglühendem Zustande, so zeigt er nur einen Teil des continuirlichen Spektrums; beim Beginn des Glühens erscheint zuerst der rote Teil desselben, bei höherer Glut kommen die gelben und grünen Strahlen hinzu, bis endlich bei Weissglühhitze auch die blauen und violetten Strahlen sichtbar werden.

Zur Erklärung des Folgenden ist noch das Absorptionsspektrum zu erwähnen. Bringt man zwischen einen weissglühenden Körper, der ein continuirliches Spektrum gibt, und den Spalt des Spektralapparates z. B. eine Natriumflamme, so dass die Strahlen des Körpers durch die Flammen gehen, so zeigt sich im continuirlichen Spektrum eine schwarze Linie an der Stelle, wo die gelbe Linie der Natriumflamme aufgetreten wäre also die Fraunhofer'sche Linie D. Werden andere Flammen eingeschaltet, so erscheinen die dunklen Linien jedesmal an den Stellen, wo das leuchtende Gas helle Linien ergeben hatte, d. h. von einer Flamme, die eine niedrigere Temperatur als Weissglühhitze hat, wird diejenige Lichtgattung des weissen Lichtes, die sie selbst ausstrahlt, absorbiert, die übrigen werden durchgelassen.

Wendet man diese thatsächlichen Erscheinungen der Spektralanalyse auf das Sonnenlicht an, so ergeben sich Schlüsse in Bezug auf den Aggregatzustand der Sonne. Die Continuirllichkeit des Sonnenspektrums beweist, dass der Sonnenkern ein weissglühender Körper ist, die dunklen Linien in demselben aber zeigen, dass der Sonnenkörper von einer Dampfhülle von etwas niedrigerer Temperatur umgeben ist, in der sich diejenigen irdischen Stoffe, deren Spektren mit den Fraunhofer'schen Linien übereinstimmen, in Dampfform vorfinden; es müssen also grosse Mengen von Wasserstoffgas, Eisen, Natrium, Kalium, Nickel u. s. w. in der Sonnenatmosphäre schweben. Die bei totalen Sonnenfinsternissen beobachteten Protuberanzen sind ihrem Spektrum nach nichts anderes als Eruptionen glühender Gase, vorzugsweise von Wasserstoffgas.

„An der Spektralanalyse hat die Nebulartheorie und die Hypothese von Laplace und Kant in Betreff der Kosmogenie des Weltalls eine bedeutende Stütze gefunden, ja sie ist durch dieselbe fast zur unbedingten Gewissheit erhoben worden, seitdem die grossen Astronomen der Neuzeit Kirchhoff, Zöllner, Secchi und andere die Spektren der Fixsterne und Nebelflecken in den Bereich ihrer Beobachtungen gezogen haben. Darnach hat sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die kosmischen Gebilde der Nebelflecken in ihrer Mehrzahl nicht unaufgelöste Sternhaufen, sondern wirkliche Dunstmassen in sehr hohem Temperaturzustand repräsentiren; aus den von Kirchhoff entwickelten Sätzen dürfte hervor gehen, dass die das Spektrum der sogenannten planetarischen Nebel charakterisirenden hellen Linien einer glühenden Gasmasse ihre Entstehung verdanken, so zwar, dass nicht der mit nur geringer Emissionsfähigkeit begabte Kernkörper, sondern hauptsächlich die längs der Oberfläche verteilten glühenden Gasschichten das Licht entsenden. Nach Zöllner werden sich für jeden planetarischen Nebel, der schliesslich in ein Sonnensystem nach Art des unserigen sich verwandelt, fünf Entwicklungsphasen nachweisen lassen, nämlich die Periode des glühend gasförmigen Zustandes; die Periode des glutflüssigen Zustandes; die Periode der Schlackenbildung, während deren eine erkaltete dunkle Oberfläche sich zu bilden beginnt; die Periode der Eruptionen, während welcher die bereits starr gewordene Rinde noch ab und zu von der glutflüssigen Masse des Innern gewaltsam durchbrochen wird; schliesslich die Zeit der vollendeten Erkaltung. Zur ersten Kategorie gehören die planetarischen Nebel, so lange sie noch keine Differentiirung erkennen lassen. Den Uebergang vom ersten zum zweiten Stadium bilden jene Nebelmassen, in deren Innern Fernröhre von grosser raumdurchdringender Kraft bereits einzelne ausgebildete Sternchen zu erblicken gestatten. Secchi theilt die Spektren der Sterne in vier gesonderte Typen. Der erste Typus umfasst eine Anzahl heller Sterne (Sirius, Wega, Rigel im Orion) durch weisses Licht mit leicht bläulichem Schimmer erkennbar; ihr Spektrum lässt nebst vielen schwachen Absorptionslinien vier starke Streifen erkennen, wie sie das Wasserstoffspektrum in der Geissler'schen Röhre zeigt. Diesen Himmelskörpern muss also eine sehr grosse Hitze zukommen, welche die meisten Stoffe noch hindert aus dem Gaszustande heraus zu treten, während einzelne Elemente von geringem Atomgewichte z. B. Wasserstoffgas doch bereits zur Verdichtung gelangt sind. Das Licht der Sterne vom zweiten Typus besitzt einen gelblichen Grundton (Capella, Aldebaran, Arktur); ihr Spektrum deckt sich so vollkommen mit dem unserer Sonne, dass wir kaum fehlgehen, wenn wir die Sonne mit diesen Sternen in eine Reihe stellen. Für den dritten Fixstern-typus, dessen Mitglieder durch rötliche Lichtfärbung kennbar sind,

ist ein aus breiten Bändern und verwaschenen Streifen gebildetes Spektrum bezeichnend, welches auf die absorbirende Wirkung grosser Wolkenmassen schliessen lässt. Die Sterne des zweiten und dritten Typus würden somit in die dritte der von Zöllner aufgestellten Kategorien fallen. Dafür, dass der Abkühlungsakt bereits so weit fortgeschritten wäre, um einen Stern als zur vierten Kategorie gehörig zu signalisiren, würde dessen plötzliches Aufleuchten am Himmelsgewölbe gefordert werden, was für die als neue Sterne bezeichneten Erscheinungen in der Kassiopeia, Andromeda u. a. a. O. zuträfe. Ist ein Weltkörper in das fünfte Stadium, das der völligen Erkaltung eingetreten, wie wir diess beim Monde annehmen dürfen, so ist er als abgestorben zu bezeichnen und für Organismen kein tauglicher Aufenthaltsort.“ (Dr. Günther Geophysik.)

§ 4.

Terrestrische Refraktion. Luftspiegelung.

Die terrestrische Refraktion tritt jedesmal dann ein, wenn die von irdischen Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen in der Nähe des Erdbodens auf Luftschichten, die verschiedene Grade der Erwärmung also auch verschiedene Dichtigkeit besitzen, schief auffallen. Da erwärmte Luft dünner als kalte ist und das Licht von einer dünneren Luftschicht weniger als von einer dichteren gebrochen wird, so kann es kommen, dass schliesslich das Brechungsverhältniss so gross wird, dass das Licht die dünneren Luftschichten nicht mehr durchdringt, sondern die sogenannte totale innere Reflexion eintritt, d. h. dass der Lichtstrahl zuerst in einer Curve abwärts, dann eine kurze Strecke dem Boden parallel und schliesslich in einer Curve wieder aufwärts gehen wird. Kommt der so aufwärts reflektirte Lichtstrahl in das Auge eines Beobachters, so sieht dieser ein Spiegelbild des Gegenstandes gerade so, als ob es von einer Wasserfläche reflektirt würde. Der Beobachter erhält also ausser den direkten Lichtstrahlen des Gegenstandes auch noch die reflektirten, die ihm von unten kommen und sieht desshalb den Gegenstand zweimal, nämlich das aufrechte Bild und darunter das von dem Trugbilde der Wasserfläche reflektirte Spiegelbild, aber in umgekehrter Stellung.

Ist dagegen die Luft in der Tiefe kälter als in der Höhe von wenigen Metern, wie es im Polarmeere oder über Eisfeldern der Fall ist, so kommen die von einem Gegenstande nach oben ausgehenden Strahlen in schiefer Richtung in immer dünnere Luftschichten, wo sie mehr und mehr vom Lote abgelenkt werden, bis sie endlich in eine so schräge Richtung kommen, dass sie in noch dünnere Schichten nicht mehr übergehen, also eine totale Reflexion

abwärts erfahren. Dadurch kommt es, dass das Auge eines Beobachters ferne Gegenstände z. B. auf dem Meere Schiffe oder Gestade in umgekehrter Stellung in der Luft schweben sieht. Ist hiebei der Gegenstand hinter einem Hügel oder wegen der Krümmung der Erde für den Beobachter nicht sichtbar, so sieht dieser die Gegenstände wie Gespenster in der Luft hängen. Diese Erscheinung wird von den Seefahrern als Seegesicht oder Kimmung bezeichnet.

Wenn die Luftschichten mit verschiedener Dichtigkeit in Folge ungleicher Erwärmung durch die Sonne seitlich neben einander gelagert sind, so kann neben dem direkt gesehenen Gegenstand durch die Luftspiegelung auch ein seitlich erscheinendes Spiegelbild desselben gesehen werden. Grenzen solche Luftschichten mit unregelmässig gekrümmten Flächen an einander, so erfahren die Spiegelbilder allerlei Verzerrungen, und hiernach sind ohne Zweifel die bei Neapel und besonders in der Meerenge von Messina auftretenden sogenannten *Fata Morgana* zu erklären.

Solche Luftspiegelungen zeigen sich an heissen Tagen auf weiten Ebenen also besonders auf dem Meere und in Sandwüsten sehr häufig. Gegenstände, die am Horizonte liegen, erscheinen in umgekehrter Lage in der Luft, den Schiffen auf dem Meere ferne Ufer, die noch unter dem Horizonte liegen und die verschwinden, sobald sie darauf zusteuern; auf dem Lande kann ein Dorf, das hinter einem Hügel liegt, sichtbar werden; in den afrikanischen Sandebenen besonders in Unterägypten scheinen Dörfer oder Haine manchmal im Wasser zu stehen und nur mit den Spitzen über dasselbe emporzuragen.

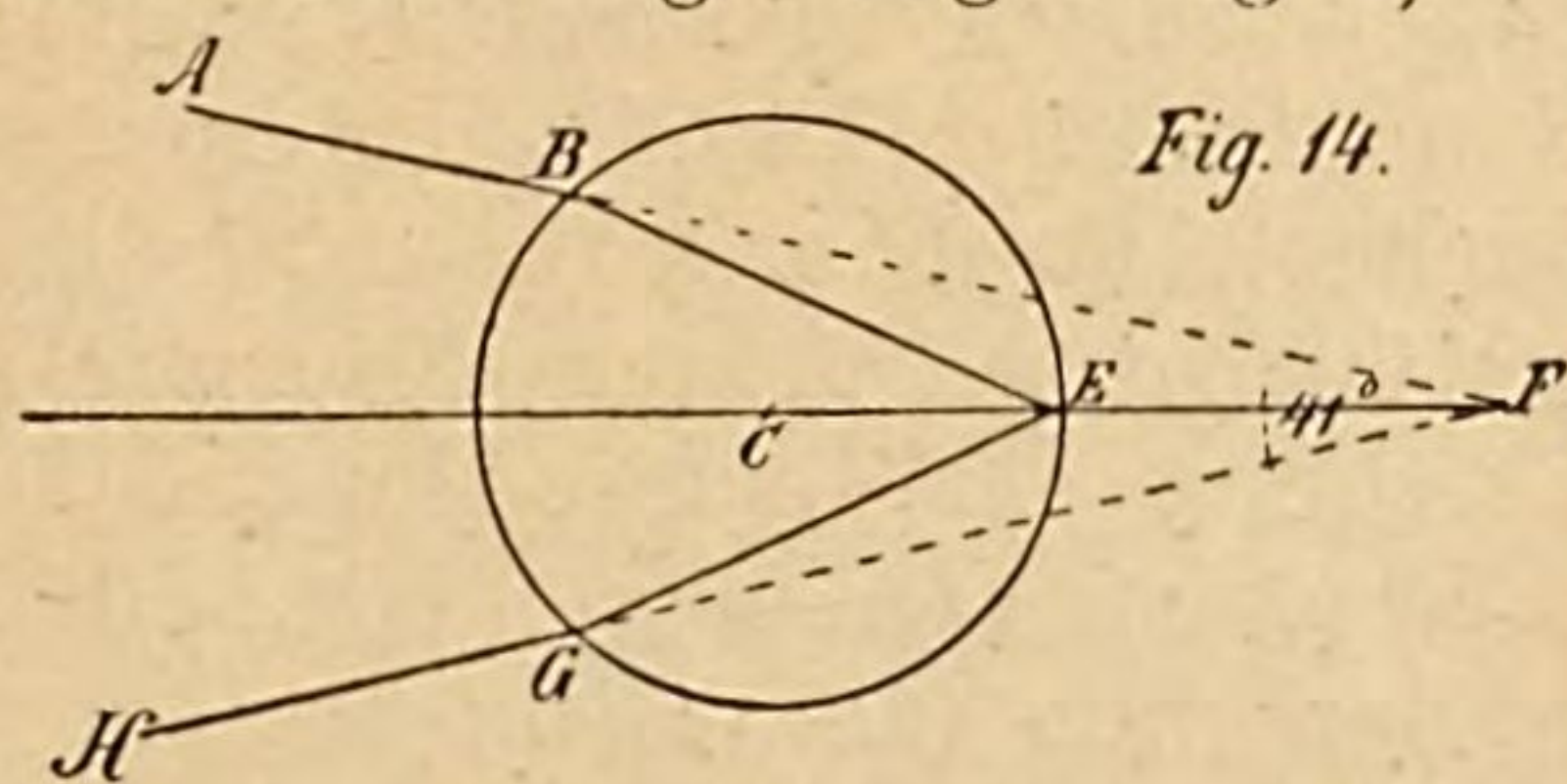
§ 5.

Regenbogen, Höfe, Nebensonnen, Nebenmonde.

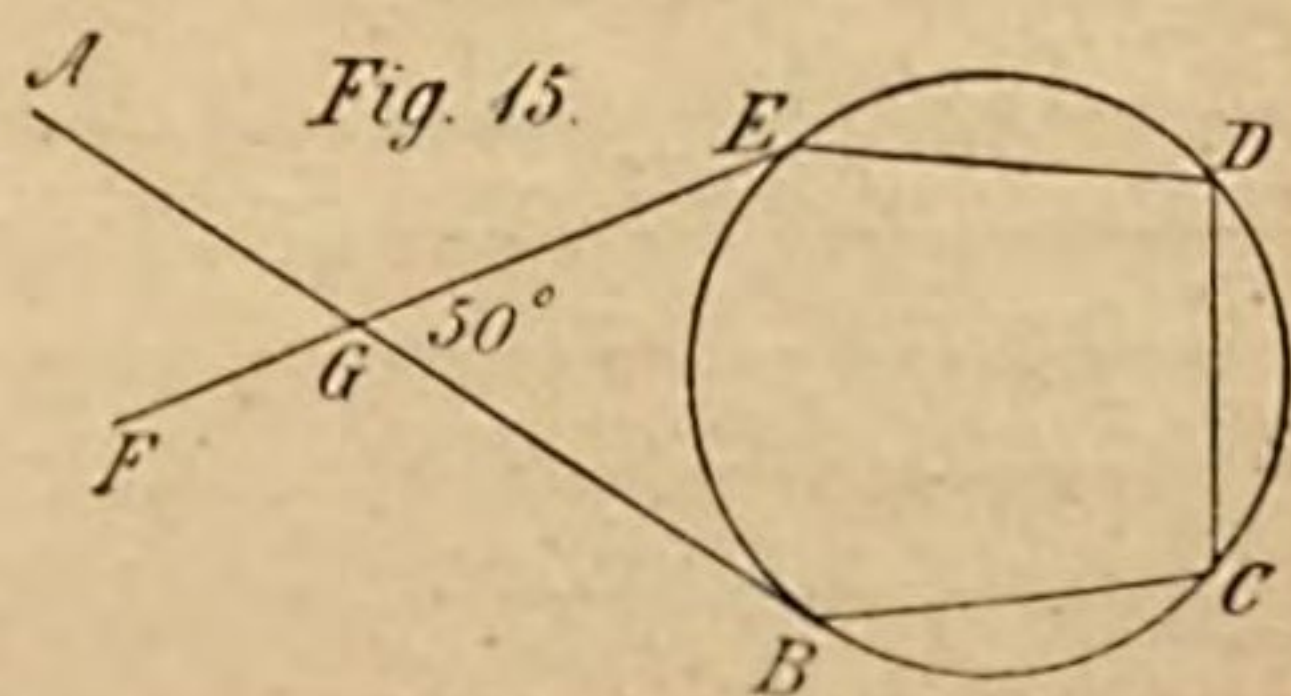
Die liebliche Erscheinung des Regenbogens zeigt sich jedesmal in einem Kreisbogen mit den prismatischen Farben am dunklen Gewölke des Himmels, wenn die Sonne in niedriger Höhe einer regnenden Wolke gegenüber steht; auch erblickt man diesen farbigen Bogen, wenn die Sonnenstrahlen den Wasserstaub eines Wasserfalles oder eines Springbrunnens beleuchten. Der Mittelpunkt dieses farbigen Bogens, der einen Radius von ungefähr 41° hat, liegt immer diametral der Sonne gegenüber in einer Geraden, welche durch das Centrum der Sonne und das Auge des Beobachters gezogen gedacht ist, ist also ein Punkt der Himmelskugel, der für den Beobachter unter dem Horizonte liegt. Der Regenbogen erscheint daher niedriger, wenn die Sonne noch ziemlich hoch, und höher, wenn diese niedrig steht, und wird genau ein Halbkreis, wenn die Sonne gerade am Horizonte stehend eine regnende Wolke beleuchtet. Die Regenbogenfarben sind die des Sonnenspektrums, nur unvollständig getrennt, und zwar liegt Violett nach innen, Rot nach aussen und

dazwischen die übrigen prismatischen Farben. Die Breite des Regenbogens beträgt etwa 2° , da der Halbmesser des inneren violetten Bogens $40\frac{1}{2}^\circ$ und der des äusseren roten $42\frac{1}{2}^\circ$ beträgt, und diess ist auch die höchste Höhe, zu der der Regenbogen sich erhebt, wenn die Sonne am Horizonte steht. Ist die Sonne in einer Höhe von 42° oder noch höher am Himmel, so ist ein Regenbogen nicht möglich, da derselbe sich nicht über den Boden erhebt. Der Hauptregenbogen ist in der Regel von einem Nebenregenbogen von grösserem Radius und grösserer Breite umgeben, dessen Farben bedeutend schwächer sind und in der umgekehrten Folge auftreten. Zuweilen zeigen sich am inneren Rande des Hauptregenbogens und noch viel seltener am äusseren des Nebenregenbogens schmale rot und grün gefärbte Streifen (secundäre oder überzählige Regenbogen).

Die Theorie des Regenbogens ist folgende: Wenn die Sonnenstrahlen auf die dem Beobachter zugewendete Seite BG eines Regentropfens fallen, so treten sie in den Tropfen ein und werden nach BE gebrochen. An der hintern Wand



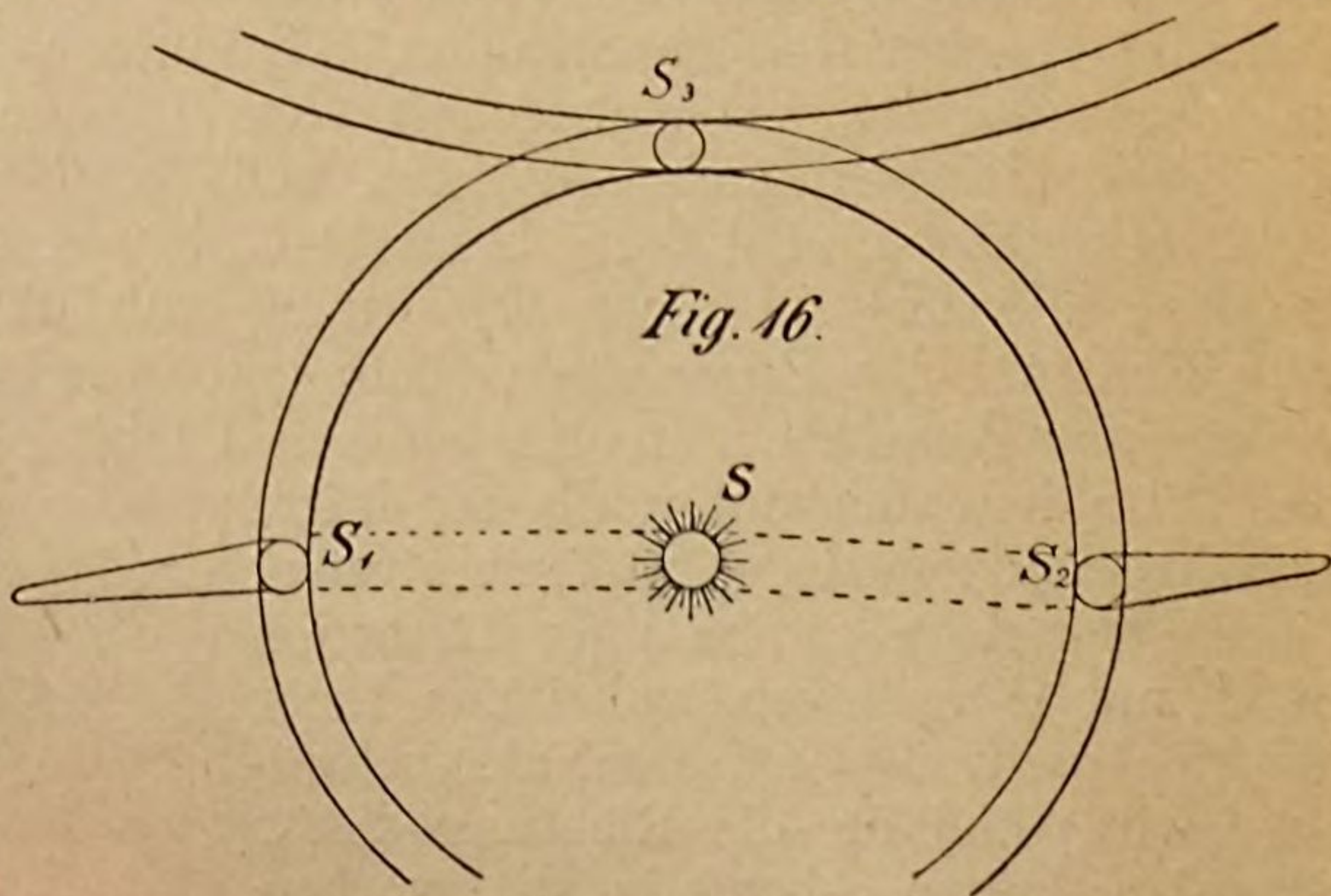
des Tropfens angekommen treten sie zum Teil rückwärts aus, zum grössern Teil aber werden sie reflektirt und gelangen wieder an die vordere Wand nach G, wo sie teilweise austreten und zum zweitenmale gebrochen werden, wobei das weisse Licht der Sonne in die prismatischen Farben, zerlegt wird. Vorne bei G werden die Strahlen in divergirenden Richtungen austreten; allein vermöge einer Eigenthümlichkeit der Kugeloberfläche müssen diejenigen Strahlen, welche ungefähr unter $59^\circ 30'$ oberhalb des Mittelpunktes in den Tropfen eintreten, nach der Reflexion fasst in gleicher Richtung den Tropfen verlassen. Für den in dieser Richtung der Strahlen stehenden Beobachter muss daher der Regentropfen besonders hell erscheinen. Diese wirksamen Strahlen bilden mit den eintretenden weissen Strahlen, AB einen Winkel $BFG = 41^\circ$, welcher nach der Verschiedenheit des Brechungsverhältnisses für die roten Strahlen sich vergrössert und $42^\circ 30'$, für die violetten sich verkleinert und $40^\circ 40'$ beträgt. Daher erscheinen alle Regentropfen, die sich in einer Entfernung von $42^\circ 30'$ oder $40^\circ 40'$ vom Centrum des Regenbogens befinden, beziehungsweise rot oder violett und dazwischen in den übrigen Farben. Andererseits werden jene Strahlen, die unterhalb der Mitte z. B. in AB in den Regentropfen eintreten, diesen erst nach zweimaliger Reflexion in C und D verlassen, wobei das Licht jedesmal teilweise austreten, also schwächer wird; und für die Richtung dieser Strahlen gelten ebenfalls die vorher-



gehenden Angaben. Der Winkel BGE aber, den die austretenden prismatischen Farben EF hier mit den eintretenden weissen Strahlen AB bilden, beträgt für Rot ungefähr 50° und für violet 53° , wesshalb man concentrisch um den Hauptregenbogen einen zweiten erblickt, dessen Breite etwa 3° beträgt, dessen Lichtintensität viel schwächer und in umgekehrter Ordnung der Farben sich zeigt.

Eine dem Regenbogen ähnliche Lichterscheinung in der Atmosphäre bilden die Höfe. Ein Hof ist ein heller oder gefärbter Ring, der in grösserem oder geringerem Abstände die Sonne, den Mond und oft auch die helleren Sterne umgibt. Die eigentlichen oder grösseren Höfe stellen Kreise dar, welche mit einem Radius von 22° — 23° die Sonne und den Mond umgeben und nach innen einen roten in der Regel scharf begrenzten nach aussen einen blauen verwaschenen Rand haben. Die Höfe zeigen sich nur, wenn die Luft ein dunstreiches Aussehen hat, wenn also das Licht durch leichtes Schleiergewölk in der Atmosphäre zur Erde gelangt und bilden sich durch Brechung des Lichtes in den kleinen Eiskrystallen, die mit einem brechenden Winkel von 60° in den höchsten Höhen der Luft schweben. Fallen nun die Lichtstrahlen auf diese Eispadeln, so gehen sie gebrochen durch, und da die Eiskrystalle alle möglichen Lagen haben, so wird das Licht nach allen möglichen Richtungen zerstreut. Für jedes Prisma aber gibt es ein sogenanntes Minimum der Ablenkung d. h. eine Lage der Kante gegen den Lichtstrahl, bei welcher dieser am wenigsten seine erste Richtung verlässt. Diese geringste Ablenkung beträgt bei Eisprismen mit brechender Kante von 60° nach der Physik 23° . Die Lichtstrahlen mit dieser, oder nahezu dieser Ablenkung vereinigen sich trotz der verschiedenen Lage der Eispadeln weit mehr, und daher kommt der helle Ring um die Sonne und den Mond mit diesem Radius. Für die roten Strahlen ist die Ablenkung geringer als für die blauen, wesshalb die rote Seite der Sonne zugewendet ist. Der

zwischen der Sonne und dem Ring befindliche Raum besitzt ein eigenthümlich dunkles Grau, das um so stärker hervortritt, je heller der Hof ist. Zuweilen sieht man hinter diesem Ring noch einen zweiten, der etwas blasser ist, einen Radius von 46° hat



und wahrscheinlich durch Brechung des Lichtes an den rechtwinkligen Kanten der Seiten- und Endflächen der Prismen entsteht; denn das Minimum der Ablenkung bei einem brechenden Winkel am Prisma von 90° beträgt in der That 46° . Wenn die Eisprismen zu sinken anfangen, stellen die Längachsen sich meist senkrecht, und durch den Lichtreflex von den vertikalen Seitenflächen der Prismen erklärt sich der horizontale Lichtstreifen, der oft von der Sonne, besonders wenn sie dem Horizonte nahesteht, ausgeht und durch den Hof hindurch um den ganzen Himmel sich herum zieht. Die Schnittpunkte S_1 und S_2 dieses Streifens mit dem Hofe, die ziemlich viel heller sind als die übrigen Partien, heissen Nebensonnen; der Sonne diametral gegenüber erscheint in S_3 am Lichtringe häufig ein heller Punkt, die Gegen Sonne. Aehnliches gilt von dem Monde und den Nebenmonden. Im Winter sind in höheren Breiten diese Erscheinungen oft sehr complizirt. Hevel beobachtete zu St. Petersburg am 20. Februar 1661 sechs Nebensonnen. Einmal schien, wie Hevel erzählt, durch den Mond ein grosses weissaussehendes Kreuz zu gehen, wie auch Eusebius es beschreibt, dass eine ähnliche Erscheinung Kaiser Constantin und seine Armee an der Sonne am Mittag vor der Schlacht an der milvischen Brücke 312 gesehen haben. Galle meint, dass die Annahme einer zweifachen Reflexion des Lichtes — einmal an der untern dann an der oberen Polygonalfläche des Prisma — zur Erklärung dieser Angabe Hevels hinreiche.

Weniger einfach als die Entstehung der grossen Höfe ist die Erscheinung der kleinen Höfe und Kränze, dünner Lichtstreifen um Sonne und Mond zu erklären; es ist wahrscheinlich, dass nicht die hoch schwebenden Cirruswolken, sondern die Bläschen der tiefer liegenden sich bildenden Cumuluswolken die Erklärung dieser Phänomene geben.

§ 6.

Dämmerung. Alpenglüh.

Die Dämmerung ist die vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang herrschende Helligkeit, welche uns die Gegenstände in nächster Umgebung noch sichtbar macht. Sie nimmt morgens ab und abends zu, je nachdem sich die Sonne dem Horizonte nähert oder von ihm entfernt. Sie ist eine Folge der Reflexion des Lichtes durch die Atmosphäre, indem die unter dem Horizonte weilende Sonne die oberen Luftschichten beleuchtet und diese das Licht so zerstreuen, dass es auch noch in die unteren Schichten hinab gelangt. Je nach dem Durchsichtigkeitsgrade der Luft und der Menge der in ihr in Gas- oder Bläschenform enthaltenen Wasserdämpfe wird die Helligkeit der Dämmerung verschieden sein. Wäre die Atmos-

phäre vollkommen durchsichtig, oder wäre keine Atmosphäre da, so müsste sogleich nach Sonnenuntergang tiefe Nacht und nach dem Aufgang heller Tag eintreten, also die Grenze zwischen Licht und Dunkel äusserst scharf auftreten, wie wir diess beim Monde sehen.

Bald nach Sonnenuntergang sehen wir, dass sich diametral dem Untergangspunkte gegenüber am östlichen Himmel ein dunkles blaugraues Segment erhebt, welches allmählig bis zum Zenith emporsteigt. Dieses Segment ist der Schatten, den die Erde bei dem tieferen Sinken der Sonne unter den Horizont auf die Atmosphäre wirft. Ist die Sonne 6° unter den Horizont gesunken, so hat das Schattensegment das Zenith erreicht, und damit ist die bürgerliche Dämmerung zu Ende d. h. die Umrisse der Gegenstände auf Erde können nicht mehr deutlich erkannt werden und am Himmel werden die grösseren Sterne sichtbar. Das dunkle Segment ist durch einen weisslichen Lichtstreifen von dem übrigen rötlichen Himmel getrennt. Dieser Streifen entsteht durch die Mischung von rötlichem und blauem Licht; darüber zeigt sich eine nach und nach kleiner werdende farbige Schichte, die sogenannte Gegen-dämmerung. Die Abendröte zieht sich am westlichen Himmel immer weiter zum Horizonte herab, das dunkle Segment bedeckt bald darauf das ganze Firmament mit tieferer Dunkelheit, bis endlich die Nacht angebrochen und sämtliche Sterne am Himmel sichtbar geworden sind. Dieser Zeitpunkt ist das Ende der astronomischen Dämmerung und ist da, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte sich befindet. Desshalb ist auch der Kreis der 18° unter dem Horizonte parallel dem Horizontalkreis gezogen gedacht wird, der Dämmerungskreis. Je höher die Breite ist, um so kleiner ist der Winkel, den die Sonnenbahn mit dem Horizonte bildet, um so länger dauert also die Dämmerung. Unter 50° Breite bereits dauert im Sommer die Abenddämmerung am westlichen und nördlichen Himmel so lange, bis die Morgendämmerung wieder anbricht oder vom 1. Juni bis 15. Juli reichen dort die sogenannten hellen Nächte die gegen Norden hin immer heller werden und innerhalb des Polarkreises in den langen Tag übergehen.

Eine äusserst interessante Erscheinung während der Dämmerung ist das Alpenglügen. Der Verlauf desselben ist in der Regel folgender: Kurz vor Sonnenuntergang beginnen die Berge östlich vom Beobachter sich rötlich zu färben, welche Beleuchtung, wenn die Berge Schnee tragen oder steile Wände haben, rasch zunimmt und in das eigentliche rotgelbe Glügen übergeht. Unterdessen ist die Sonne hinabgesunken, die Schatten steigen von unten empor, und die glühenden Berggipfel bedecken sich mählig wie der Osthimmel mit Grau. Vielleicht eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang fangen die Gipfel nochmal zu leuchten an, und in raschen Uebergängen tritt

schliesslich rein fleischrote Farbe ein. In der Schweiz unterscheidet man daher meist vier Phasen dieses herrlichen Phänomens: das eigentliche Glühen, die Leichenfarbe, das Nachglühen, das Erlöschen.

Eine Erklärung dieser Erscheinung ist zur Zeit noch sehr schwierig. v. Bezold, der die Dämmerungserscheinungen genau beobachtet hat, meint, man müsse auch das dem Untergangspunkte der Sonne nahe gelegene Firmament beachten und führt zur Erklärung des Nachglühens das sogenannte Purpurlicht an, einen rosenroten Schein, der zur Zeit des Nachglühens oft in einer mächtigen Scheibe den westlichen Himmel bedeckt. Vielleicht ist auch das Zodiakallicht nicht ohne Einfluss. Andere glauben, dass der Vorgang durch eine Phosphoreszenz der Bergkuppen zu erklären sei.

§ 7.

Chemische Wirkungen des Lichtes.

Es ist früher schon angegeben worden, dass von den Schwingungen des Aethers nur einige von bestimmter Wellenlänge und Schwingungszahl die Flüssigkeiten des Auges zu durchdringen vermögen und als Licht erkannt werden, während solche mit längerer oder kürzerer Wellenlänge d. h. mit tieferen oder höheren Schwingungszahlen als Licht nicht mehr wahrnehmbar sind. Diese Behauptung in Betreff der Undulationstheorie wird auch durch die Beobachtung des Spektrums vollständig bestätigt. Diese dunklen Strahlen des Spektrums, die W. Herschel zuerst beobachtet hat, liegen ausserhalb des roten und violetten Endes desselben, haben also Wellen länger als die roten und kürzer als die violetten oder Schwingungszahlen, die unter 400 oder über 800 Billionen liegen. Während die grösste Lichtintensität des Spektrums in Gelb liegt, besitzen die dunklen Strahlen ausserhalb Rot die grösste Wärmeintensität, und sind jene ausserhalb Violett durch ihre chemische Wirksamkeit besonders ausgezeichnet. Gewisse chemische Verbindungs- und Zersetzungsprocesse gehen nur unter Einwirkung des Lichtes vor sich. So z. B. geht ein Gemisch von Chlorgas und Wasserstoffgas im Dunkeln trotz der grossen chemischen Verwandtschaft beider Stoffe keine Verbindung ein; bei gewöhnlichem Tageslicht erfolgt nur sehr langsam die Verbindung zu Chlorwasserstoffgas; in direktem Sonnenlichte aber geschieht die Vereinigung plötzlich und unter heftiger Explosion. Der Process des Bleichens der Wäsche tritt nur im Lichte unter Hinzutritt von Wasser ein. Den augenfälligsten Beweis von der chemischen Wirkung des Lichtes bietet die Photographie, bei welchem Vorgang die lichtempfindenden Verbindungen von Chlor-, Jod- oder Bromsilber, wenn sie auf einer

mit einer Collodiumschichte überzogenen Platte der Bestrahlung durch das Licht in der camera obscura ausgesetzt werden, chemisch sich zersetzen, indem an den vom Lichte getroffenen Stellen binnen weniger Sekunden die Silbersalze unter Ausscheidung des metallischen Silbers entweder wirklich zerlegt oder so modifizirt werden, dass eine fixirende Lösung von Eisenvitriol oder Pyrogallussäure den Lichteindruck auf der Platte bleibend macht.

Lässt man das Spektrum auf eine photographische Platte fallen, so zeigt sich deutlich, dass nicht alle Teile desselben gleiche chemische Wirksamkeit haben. Während der gelbe Teil zwar die grösste Lichtintensität besitzt, bringen die roten und gelben Strahlen nur eine sehr schwache chemische Wirkung hervor; dagegen zeigen die blauen und violetten Strahlen eine sehr kräftige chemische Wirksamkeit, und das Bild des Spektrums, das man auf der photographischen Platte erhält, erstreckt sich weit über das violette Ende hinaus. Die Fraunhofer'schen Linien treten nicht bloss im violetten Teile deutlich hervor, sondern auch ausserhalb gewahrt man noch eine grosse Anzahl dunkler Linien, so dass der sichtbare Beweis für die Existenz dieser dem Auge nicht mehr sichtbaren Lichtstrahlen (Wellensysteme) damit erbracht ist.

§ 8.

Einwirkung der beiden Imponderabilien Licht und Wärme auf die Vegetation und die Fauna.

Bei dem andauernden Process des Werdens und Vergehens alles organischen Lebens an der Erdoberfläche macht ein wunderbarer Kreislauf von der anorganischen zur organischen Natur und wieder zurück sich geltend. Die Untersuchungen haben ergeben, dass alle organischen Körper ternäre oder quaternäre Verbindungen der vier chemischen Elemente, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff sind. Diese Stoffe nehmen die Körper entweder in Form von Gasen oder in binären anorganischen Verbindungen auf und assimiliren sich dieselben im Entwicklungsprocess. Die Vegetabilien hängen daher zunächst von den Bodenbestandteilen ab; denn von daher bezieht die Pflanze, wenn sonst die Lebensbedingungen (Licht, Wärme, Luft, Wasser) vorhanden sind, die Stoffe, aus denen sich ihr Gerippe bildet. Sind diese Stoffe im Boden nicht vorhanden, so wird die Pflanze trotz aller Pflege verkümmern.

Ein unerlässlicher Faktor zur Entwicklung der Pflanzen ist das Licht; nur der Same kann im Lichte nicht gedeihen, sondern muss im Finstern liegen, wenn er keimen soll. Man kennt zwar das mechanische Aequivalent des Lichtes nicht, d. h. man kann die

mechanische Wirkung des Lichtes nicht in einer Zahl ausdrücken; allein der Einfluss des Lichtes auf die Pflanzen ist unumstösslich. 1) Die Farbenentwicklung der Pflanzen geschieht nur im Lichte; eine im Finstern stehende Pflanze bleibt farblos. Welch herrliche Farbenpracht zeigen die Gewächse der Tropen! Auch unsere Alpenflora, die oberhalb der dicken Luft der Thäler im ungeschwächteren Sonnenlicht grünt, besitzt deutlich kennbar viel dunklere und lebhaftere Farben als die Thalflora. 2) Die Pflanzen zersetzen nur im Lichte die Kohlensäure der Luft, nehmen den Kohlenstoff in sich auf und scheiden den Sauerstoff, das Respirationsgas der tierischen Organismen, aus. 3) Die Pflanzen richten ihre Blüthenkelche gewöhnlich nach der Richtung des stärksten Lichteindrucks; bei eintretender Dunkelheit schliessen manche Pflanzen ihre Kelche ganz. Kann zu einer im Dunkel stehenden Pflanze durch eine enge Spalte Licht eindringen, so wendet die Pflanze ihren Blüthenkopf und die Oberseite der Blätter diesem schwachen Lichte zu. Alles diess zeigt, dass das Licht nicht bloss einen chemischen, sondern vielleicht auch einen elektrischen Einfluss auf die Pflanzen übt.

Wenn Licht und Wärme als verschiedene Imponderabilien betrachtet werden können, was vielleicht nicht zulässig ist, da sie nur als verschiedene Abstufungen von Schwingungen desselben Aethers zu betrachten sind, so scheint die Wärme für das Pflanzenleben noch wichtiger zu sein als das Licht; doch die Wissenschaft ist hier kaum erst über die ersten Grundlagen hinaus gekommen und hat erst wenige Kulturpflanzen in Bezug auf Wärme rubrizirt. Der Däne Schouw hat sich namentlich um die Classifikation der Pflanzen in dieser Hinsicht Verdienste erworben. Er fand, dass die Gerste, die in Aegypten und auch noch in Schweden gedeiht, 1890 Wärmeeinheiten zur Fruchtbildung braucht, indem er die Anzahl der Tage zwischen Aussaat und Ernte mit der mittleren Temperatur dieser Zeit multiplizierte. Ebenso weiss man, dass der Weinstock nur bei einer mittleren Jahrestemperatur, die zwischen 8° und 22° liegt, Früchte bringt.

Da die Pflanzen zunächst vom Klima, das Klima aber von der Ausbreitung der Wärme abhängt, so kann man die Ausbreitung der Vegetation den früheren Betrachtungen über die Ausbreitung der Wärme entsprechend entweder horizontal oder vertikal verfolgen. Meyen unterscheidet acht Zonen der Vegetation in horizontaler Richtung: 1) die Aequatorialzone am Wärmeäquator mit 28° C von 0°—15° n. Br. enthält den üppigsten Pflanzenwuchs; 2) eine tropische Zone mit 26°—23° C mittlere Temperatur von 15°—23° n. Br. ist der Gürtel der Palmen, Bananen und der reichsten Tropenvegetation; 3) die subtropische Zone mit 21°—17° C Mitteltemperatur von 23°—34° n. Br. enthält noch tropische Ge-

wächse; doch neigen die Pflanzen im Norden bereits dem gemässigten Klima zu, und bis hieher reichen auch die immer grünen Laubhölzer; 4) eine wärmere gemässigte Zone von 34° — 45° n. Br. mit 17° — 12° C enthält noch immer grüne Gesträuche neben den Gewächsen der gemässigten Zone in reicher Fülle, ist dagegen arm an Wiesen; 5) eine kältere gemässigte Zone mit 12° — 6° C von 45° — 58° n. Br. ist der Gürtel der Buchen, des Nadelholzes und der Wiesen; 6) eine subarktische Zone mit 6° — 4° C von 58° — 66° n. Br. zeichnet sich durch Nadelhölzer, Birken und Weiden aus, auch beginnen schon Flechten und Moose grosse Strecken des Bodens zu bedecken; 7) eine arktische Zone mit 2° C. von 66° — 72° n. Br. ohne Baumwuchs und Getreidebau; nur niedrige Sträucher, Flechten und Moose sind weit und breit in der dortigen Gegend sichtbar; 8) in der Polarzone von 72° — 90° n. Br. mit -16° C. gedeiht nichts mehr als hie und da ein kriechender Wurzelstock, da die meiste Zeit der Boden unter dem Eise liegt.

Doch darf man in Bezug auf diese Zonen die Grenzen nicht etwa starr festhalten, denn die Isothermen modifiziren oft ganz gewaltig in einzelnen Gegenden, je nachdem See- oder Landklima vorherrscht, die Vegetationsgrenzen, indem sie bei letzterem oft jäh in niedere Breiten hinabsinken. Dann hat auch die dominirende Hand des Menschen diese Grenzen vielfach verwischt und die Gewächse in weiter Entfernung vom heimathlichen Boden verpflanzt, und die unaufhaltsam fortschreitende Kultur wird diese Grenzen immer noch mehr verschieben und die Gewächse an Klimate gewöhnen, die sie früher nicht gekannt haben.

In vertikaler Richtung fand Humboldt in den Anden dieselben Abstufungen der Vegetation, und Meyen unterscheidet auch hier acht Regionen, indem er von der Wahrnehmung ausgeht, dass von der Polarzone aus gegen den Aequator hin in jeder Zone die Schneegrenze ungefähr um 600 Meter aufwärts rückt: 1) die Region der Palmen und Bananen beginnt am Meere in Mexiko mit 30° — 27° C und steigt ungefähr 600 Meter hoch; 2) die Region der Baumfarne und Feigen zwischen 600—1200 Meter Höhe mit 23° C; 3) die Region der Myrthen und Lorbeeren zwischen 1200—1800 Meter Höhe mit 20° — 21° C mittlerer Temperatur; 4) die Region der immer grünen Laubhölzer in 1800—2400 Meter Höhe mit einer Mitteltemperatur von 17° der wärmeren gemässigten Zone entsprechend; 5) die Region der jährlich sich entlaubenden Laubhölzer in 2400—3100 Meter Höhe mit 14° — 12° Mitteltemperatur der kälteren gemässigten Zone entsprechend; 6) die Region der Nadelhölzer in 3100—3700 Meter Höhe mit 11° C Mitteltemperatur; 7) die Region der Alpensträucher von 3700—4300 Meter Höhe mit 6° C ohne

Baumwuchs; 8) die Region der Alpenkräuter in 4300—5000 Meter Höhe entspricht trotz der wärmeren Temperatur von ungefähr 2° C nur der Polarzone, ja sie ist häufig vegetationsärmer als diese.

Wenn auch bei der Fauna die Wirkungen des Lichtes weniger in die Augen springen als beim Pflanzenreich, so sind doch auch hier die thatsächlichen Beweise für den Einfluss dieses Agens unverkennbar. Man vergleiche nur die Farbenpracht der Papageien und Kolibri mit dem einfachen Gefieder unserer Tauben und Sperlinge, ferner das prachtvolle Fell eines Tigers oder Leoparden mit der fast farblosen Decke eines Fuchses oder Bären, und der Einfluss der tropischen Sonne wird kaum in Zweifel gezogen werden können. Wie im Pflanzenreiche die Natur es so eingerichtet hat, dass sie der Zufuhr von Licht und Wärme entsprechend die Organismen in den einzelnen Zonen gebaut hat, ebenso hat sie auch im Tierreich demselben Gesetze gemäss eine manigfaltige Abstufung im Bau und in der Ernährung angeordnet und jede Gattung und jede Art der Tiere in die Zone verwiesen, die zur Erhaltung und Ernährung die bequemsten Mittel bietet. Ueberall, wo die Hand des Menschen es nicht abgeändert, hat die Natur dem Tierreiche der einzelnen Erdteile ihre Eigenthümlichkeiten aufgedrückt und ihre Organismen den jedesmal herrschenden Verhältnissen von Licht und Wärme angepasst. Doch da die Tiere freie Bewegung haben, und ihre Organismen dem Einfluss der Wärme sich mehr fügen können als die Pflanzen, so werden für sie die Gürtelgrenzen mehr in einander übergehen. Nur der Mensch vermag es durch seine geistige Kraft über alle Hindernisse sich hinweg zu setzen und die Einflüsse der wechselnden Witterung zu besiegen. Und wie er in Bezug auf seine Person in dieser Art die Natur bezwungen hat, so greift er auch mit eigenmächtigem Gutdünken ins Tierreich ein und führt nach Laune den Löwen der afrikanischen Wüste und den Tiger Bengalens weit nach Norden und gesellt ihnen den Eisbären und das Renntier der Polarländer als Nachbarn bei. Andererseits gewöhnen sich freilich die Tiere, wenn sie nur einigermaßen Temperatur und Nahrung finden, die der im ursprünglichen Heimatland ähnlich ist, sehr bald an die klimatischen Verhältnisse. Wir sehen ja, dass z. B. die Pferde und Rinder, die erst durch die Europäer in Amerika und Australien eingeführt worden sind, in ihrer neuen Heimath aufs beste gedeihen. Kurz wo die Oberfläche der Erde Nahrung bietet, dass ein Tier wenn auch kümmerlich ein Dasein fristen kann, da ist auch tierisches Leben zu finden, und überall, wo das Substrat der Tierwelt, das Pflanzenreich, in den Sonnenstrahlen noch lebt, da regt sich auch ein Organismus, dem es als Nahrung dient.

Schluss.

Damit ist der Kreis der Betrachtungen geschlossen. Viele Erscheinungen liessen sich erklären, für manche Fragen musste die Beantwortung einer späteren Zeit überlassen werden, bei mehreren Dingen endlich konnte nur eine unabsehbare Kette von Ursachen, deren letztes Glied für uns unerreichbar ist, angegeben werden. Eines aber hat sich mit unzweifelhafter Gewissheit ergeben, nämlich die Veränderlichkeit und schliessliche Vergänglichkeit des wunderbaren Baues der Welt im Kleinen und Grossen. Zwar in der Maschinerie des Universums kann ein Keim der Zerstörung nicht gefunden werden, und scheint also der Bau der Welt für ewige Dauer berechnet; allein der Abkühlungsprocess, der den feuerflüssigen Erdkern bereits mit einer Kruste von ungefähr zehn Meilen Dicke umschlossen hat, schreitet unaufhaltsam fort und wird unsern Planeten freilich erst nach Millionen von Jahren der völligen Erkaltung entgegen führen. Die Spektralanalyse gibt unzweideutige Beweise an die Hand, dass auch die Fixsterne derselben Macht unterliegen, da z. B. an unserer Sonne bereits bedeutende Schlackenbildung und Gasverdichtung erkannt wurden und an andern Fixsternen Inkrustirungen und teilweise Lichtverminderung nachgewiesen werden konnten. Und so wird wenn auch erst nach vielen Millionen Jahren eine Zeit kommen, da unser Fixstern kein Licht und keine Wärme mehr ausstrahlen wird. Das organische Leben wird dann auf der Oberfläche der Planeten längst erloschen sein, und werden diese selbst in Finsterniss und Kälte durch den Weltraum eilen. Welches in jener fernen Zukunft das weitere Schicksal der Welt sein wird, ob eine unlösliche Erstarrung eintreten wird oder ob neue Punkte einer chemischen Verbindung der Elemente des Universums sich bilden werden, also eine Erneuerung des Kosmos stattfinden wird, das zu untersuchen liegt ausserhalb der Grenzen der Wissenschaft.

Maurer, Georg

Kosmologie

Bd.: 2

(1890)

Bamberg, Staatsbibliothek -- Lyc.o.153#23
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11840672-0